

## BEST AVAILABLE COPY

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-287468

(43)Date of publication of application : 01.11.1996

(51)Int.Cl.

G11B 7/00  
G11B 7/007  
G11B 11/10  
G11B 11/10  
G11B 11/10  
G11B 11/10

(21)Application number : 08-027077

(71)Applicant : HITACHI LTD  
HITACHI MAXELL LTD

(22)Date of filing : 14.02.1996

(72)Inventor : MAEDA TAKESHI  
WAKABAYASHI KOICHIRO  
SUGIYAMA HISATAKA

(30)Priority

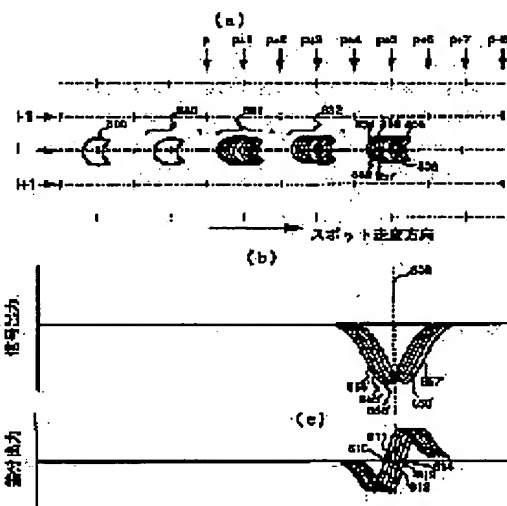
Priority number : 07 26678 Priority date : 15.02.1995 Priority country : JP

## (54) OPTICAL INFORMATION REPRODUCING METHOD, DEVICE AND OPTICAL INFORMATION RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PURPOSE: To make it possible to record and reproduce multi-valued information of with good accuracy.

CONSTITUTION: The information marks to be recorded are formed to a specified shape without changing their shapes and the recording positions thereof are deviated, from the grid points of information recording according to the information to be recorded. Further, the optical nature of the information marks to be recorded is changed according to the information to be recorded and the information is so recorded that the reproduced signals attain levels of the many values. An optical recording medium capable of recording the signal of the many valued levels by magnetic field modulation recording is used. The zero cross point 810 of the signal obtd. by difference or differentiation of the reproduced signal obtd. with respect to any of the information marks as the peak position of the signal, for example, 854', is detected and the mispositioning between the recording position and the grid point of the information recording is detected by using the information mark as the recording position. Further, the peak value of the reproduced signal 854' is quantized by plural quantization levels. The set of the mispositioning and the result of the quantization is decoded and the signal indicating the recorded information is outputted.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	05.07.2000
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	26.08.2003
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	
[Date of registration]	
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-287468

(43) 公開日 平成8年(1996)11月1日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B 7/00		9464-5D	G 1 1 B 7/00	Q
7/007		9464-5D	7/007	
11/10	5 0 6	9075-5D	11/10	5 0 6 J
	5 5 1	9296-5D		5 5 1 C
	5 6 1	9296-5D		5 6 1 F
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 32 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平8-27077

(22) 出願日 平成8年(1996)2月14日

(31) 優先権主張番号 特願平7-26678

(32) 優先日 平7(1995)2月15日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71) 出願人 000005810

日立マクセル株式会社

大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号

(72) 発明者 前田 武志

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 若林 康一郎

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 蔭田 利幸

最終頁に続く

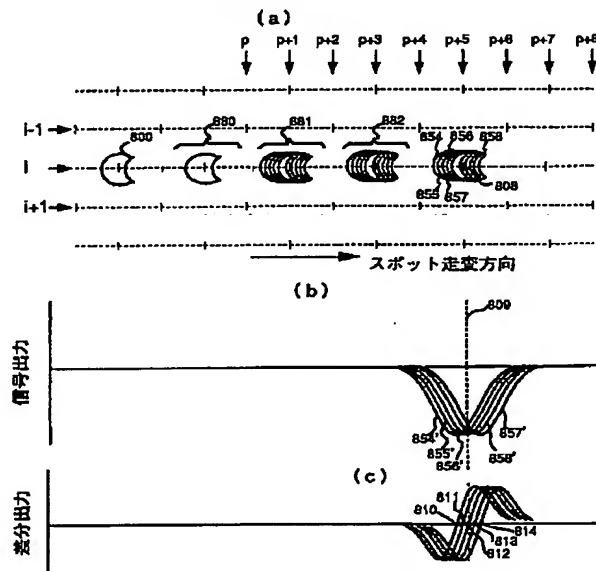
(54) 【発明の名称】 光学的情報再生方法、装置および光学的情報記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 多値の情報を精度よく記録して再生可能にする。

【解決手段】 記録する情報マークの形状を変えないで一定形状とし、その記録位置を、記録する情報に応じて情報記録格子点からずらせる。さらに記録される情報マークの光学的な性質を上記記録すべき情報に応じて変化させ、再生信号が多値のレベルとなるように記録する。磁界変調記録でもって多値レベルの信号を記録可能な光記録媒体を用いる。いずれかの情報マークに対して得られる再生信号、たとえば854'のピーク位置として、この信号を差分又は微分して得られる信号の零クロス点810を検出し、この情報マークの記録位置として使用して、この記録位置と情報記録格子点との間の位置ずれを検出する。さらに、再生信号854'のピーク値を複数の量子化レベルを用いて量子化し、上記位置ずれと量子化結果との組を復号して、記録された情報を表す信号を出力する。

図 1 8



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】複数のトラックと、該複数トラックの少なくとも一部の複数のトラックの各々上にあらかじめ定められた情報記録領域と、その情報記録領域内に設けられた複数の情報記録用格子点と、該複数の情報記録用格子点の一つにそれぞれ対応して記録された複数の情報マークとを有し、各情報マークは、その情報マークが対応する情報記録用格子点に対して、そこに記録すべき情報に依存するトラック方向の位置ずれを有する位置に記録され、さらに、その記録すべき情報に依存しないあらかじめ定められた形状を有している光学的情報記録媒体に記録された情報を光学的に再生する方法であって、情報を読み出すべきいずれか一つのトラック上の情報記録領域を一つの光スポットでもって走査し、該走査により上記一つのトラック上の該情報記録領域を該光スポットが走査しているときに該光学的情報記録媒体がその一つの光スポットに対して供給する再生光を検出して再生信号を生成し、該検出及び生成するステップで生成された該再生信号から、該情報記録領域内の複数の情報記録用格子点の各々に対応して記録された情報マークの記録位置を検出し、その各情報記録用格子点の位置とその検出された記録位置の間の位置ずれを復号してその各情報記録用格子点に記録された情報を表す信号を生成する光学的情報再生方法。

【請求項 2】各情報マークは、あらかじめ定められた複数の光学的特性の内、該複数のトラック上の複数の情報記録用格子点の内の対応する一つの情報記録用格子点に記録すべき情報に依存して選択された一つの光学的特性を有し、上記記録された情報を再生するステップは、上記生成された再生信号から、各情報記録用格子点に対して検出された記録位置に対する再生信号を、その各情報記録用格子点に対する再生信号として抽出し、その各情報記録用格子点に対して抽出された再生信号の振幅を複数の量子化レベルを使用して量子化し、その各情報記録用格子点に対して検出された上記位置ずれと、その各情報記録用格子点に対して抽出された再生信号を上記量子化により量子化して得られる信号との組合せを復号して、その各情報記録用格子点に対して記録された情報を示す信号を生成するステップを有する請求項 1 記載の光学的情報再生方法。

【請求項 3】複数のトラックと、該複数トラックの少なくとも一部の複数のトラックの各々上にあらかじめ定められた情報記録領域と、その情報記録領域内に設けられた複数の情報記録用格子点と、該複数の情報記録用格子点の内の少なくとも一部の複数の情報記録用格子点に対応して記録された複数の情報マークとを有し、各情報マークは、その各情報マークが対応する情報記録用格子点に対して、そこに記録すべき情報に依存するトラック延

在方向の位置ずれを有する位置に記録され、さらに、その記録すべき情報に依存しないあらかじめ定められた形状を有している光学的情報記録媒体に記録された情報を光学的に再生する装置であって、

情報を読み出すべきいずれか一つのトラック上の情報記録領域に一つの光スポットを照射し、該光学的情報記録媒体がその一つの光スポットに対して供給する再生光を検出して再生信号を出力する光ヘッドと、

上記情報記録領域をを該光スポットが走査するように、該光ヘッドを該光学的情報記録媒体に対して相対的に駆動する装置と、

上記情報記録領域を該光スポットが走査しているときに該光ヘッドにより出力された再生信号から、その情報記録領域内の複数の情報記録用格子点の各々に対応して記録された情報マークの記録位置を検出する位置検出回路と、

その各情報記録用格子点の位置とその各情報記録用格子点に対して検出された記録位置との間の位置ずれを復号して、その各情報記録用格子点に記録された情報を表す信号を生成する回路とを有する光学的情報再生装置。

【請求項 4】各情報マークは、あらかじめ定められた複数の光学的特性の内、その各情報マークに対応する情報記録用格子点に記録すべき情報に依存して選択された一つの光学的特性を有し、

上記情報を再生する回路は、

上記光ヘッドにより生成された上記再生信号から、各情報記録用格子点に対して検出された記録位置に対する再生信号を、その各情報記録用格子点に対する上記再生信号として抽出する回路と、

その各情報記録用格子点に対して抽出された再生信号の振幅を複数の量子化レベルを使用して量子化する回路と、

その各情報記録用格子点に対して検出された上記位置ずれと、その各情報記録用格子点に対して抽出され、上記量子化回路で量子化された再生信号との組合せを復号して、その各情報記録用格子点に対して記録された情報を表す信号を生成する復号回路を有する請求項 3 記載の光学的情報再生装置。

【請求項 5】複数のトラックと、

該複数のトラックの各々内の情報記録領域内にあらかじめ定められた複数の情報記録用格子点と、

それぞれ該複数の情報記録用格子点の一つに対応して記録された複数の情報マークとを有し、

各情報マークは、対応する情報記録用格子点に記録すべき情報に依存するトラック方向の位置ずれをその対応する情報記録用格子点に対して有する位置に記録され、

さらに、その記録される情報に依存しないあらかじめ定められた形状を有する光学的情報記録媒体。

【請求項 6】各情報マークは、あらかじめ定められた複数の光学的特性の内、その各情報マークが対応する情報

記録用格子点に記録すべき情報に依存して選択された一つの光学的特性をさらに有する請求項 5 記載の光学的情報記録媒体。

【請求項 7】上記複数のトラックは磁気光学的記録媒体上に形成され、

該磁気光学的記録媒体は、

基板と、

該基板上に積層された複数の記録層を有し、

上記記録層の内の少なくとも第 1 の記録層は、複数の異なる磁界範囲の一つに属する外部磁界が印加されるときに互いに異なる複数の磁化状態の一つに変化する光磁気記録膜で形成され、

上記記録層の内の他の第 2 の記録層は、上記複数の磁界範囲と重畳しない他の少なくとも一つの磁界範囲に属する外部磁界が印加されたときに特定の磁化状態に変化し、該第 1 の記録層とは磁気光学的特性が異なる光磁気記録膜で形成されている請求項 6 記載の光学的情報記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術の分野】本発明は、レーザ光を用いて光学的記録媒体に情報を記録あるいは再生する光学的情報の記録再生方法、この方法を実施する装置およびこれに用いる媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】光ディスクの高密度化のために、多値の情報に依存して記録する情報マークを微妙に変化させる方法も提案されている。たとえば、特開平 6-76303 号明細書には、記録すべき多値情報に応じて、長マークの前、後エッジをそれぞれ独立に変化させる方法が提案されている。この方法は情報マークを凹凸のレリーフパターンとして作成する再生専用の光ディスクに適用されている。また、トラックピッチは従来の光ディスクと同様に光スポット径の大きさ程度に離され、それにより隣接トラックからのクロストークを低減するように構成されている。

【0003】また、多値記録媒体としては特開昭 64-32442 号公報あるいは特開平 3-5932 号公報に開示されている媒体が知られている。これは光磁気記録膜を多層に積層し、各層は磁氣的に相互に独立し、多値レベルはそれぞれの層によって決まる信号レベルの和となる。従って例えば、4 値を表すためには 4 層の記録膜を積層することになる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記特開平 6-76303 号公報に記載の従来技術では、多値情報に応じて微妙に変化する情報マークを記録する必要がある、このような微妙に変化する情報マークを精度よく記録あるいは再生することが難しいという問題を有する。

【0005】すなわち、前述の従来技術に記載したよう

に、従来の方法では、光ディスクはマーク形状とその位置に情報を持たせてきた。例えば、長円形状を例に採ると、この形状を決めるパラメータとして、前縁の曲率、幅、後縁の曲率と幅、さらに、前縁と後縁の位置、および前縁から後縁までの距離等があり、決めるパラメータの数の多さに比例してのせる情報は多くなるが、逆に制御が難しくなる。

【0006】特に、凹凸レリーフパターンは原盤カッティングから、スタンパ、インジェクションと複数のプロセスを経るため途中で前述のパラメータが微妙に変動するため、正確に形状、位置を制御するのが困難である。エッジ位置の微小変動の検出には 2 次元的な分布を持つ光スポットによって、前記形状パラメータを持つマークをスキャンして一次元の電気信号に変換した波形を処理している。そのため、エッジ位置変動以外の前記パラメータが変動しても、誤って位置変動とみなす。従って従来の長マークのエッジを微小に移動させる方法では情報を安定に検出することが困難となる。

【0007】さらに、情報を記録再生する光ディスク装置では記録過程において装置固有の変動（パワー変動、焦点ずれ、トラックずれ、媒体の記録感度むら等）が発生し、記録条件が変化することから記録マーク形状がさらに影響を受けて変動する。このため、長マークのエッジを微小に移動させる方法は情報を記録再生する光ディスク装置には適用できない。

【0008】また、上記特開昭 64-32442 号公報あるいは特開平 3-5932 号公報に提案された多値記録媒体は各多値レベルに対応した数だけの記録層を独立して設け、各層の記録状態を制御して多値レベルを得るものであった。しかし、これでは 4 値を実現するためには 4 層を積み上げる構成となり、実現が困難であった。

【0009】たとえば、そこで、本発明の目的は、精度よく記録可能な、多値情報を表す情報マークを精度よく再生できる光学的情報再生方法およびそのための装置および記録媒体を提供することである。

【0010】本発明のさらに他の目的は、少ない数の記録層を有する記録媒体を使用して多値の情報を記録再生できる光学的情報の記録再生方法およびそのための装置および記録媒体を提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】多値情報を表す情報マークを精度よく再生するために、本発明では光ディスクのマーク形状パラメータを最少に抑えることのできる円形の情報マークを記録する。これにより、記録する情報マーク形状を一種類とした。このマークの中心位置を記録すべき情報により微少量変化させる。このようにして記録された情報マークを再生するときに、この再生信号のピーク位置を検出し、検出されたこれらの情報を復号して、その情報マークに記録された情報を再生する。

【0012】さらに望ましくは、再生信号レベルが多値

になるような複数の光学的特性有する記録媒体を使用し、上記記録すべき情報に応じてここに書き込む情報マークの記録位置を変化させるとともに、その情報マークの光学的特性を上記記録すべき情報に応じて変化させる。このようにして記録された情報マークを再生するときに、この再生信号のレベルとこの再生信号のピーク位置を検出し、検出されたこれらの情報を復号して、その情報マークに記録された情報を再生する。

【0013】また、より少ない記録層を有する記録媒体を用いて多値情報を記録するために、磁氣的に結合された多層の記録膜間を使用し、記録すべき多値情報に応じて、外部から印加する磁場と照射光パワーと照射タイミングを変化させることにより、この記録すべき多値情報に応じた磁氣的な結合関係と記録位置とを実現する。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る光学的情報記録再生方法及び装置並びにこれに用いる光学的情報記録媒体を、図面に記載したいくつかの実施の形態を参照してさらに詳細に説明する。なお、以下においては、同じ参照番号は同じものもしくは類似のものを表すものとする。また、第2の実施の形態以降については、第1の実施の形態との相違点を主に説明する。

【0015】＜発明の実施の形態1＞従来の記録方法では、情報記録格子点に情報マークが記録されているか否かにより情報を表していた。本実施の形態では、情報記録密度を上げるために、各情報記録格子点に一定形状の情報マークを記録し、情報マークを記録する位置を記録すべき情報に応じて情報記録格子点からずらせる。すなわち、情報マークの記録位相を記録する情報に応じて多値に変える。従って、本実施の形態は、多値記録の一形態として、多値の位相記録を実現する。

【0016】(1) 情報マークの記録

具体的なマークの配列を図13に示す。本実施の形態でも後述する参考例1と同様に情報記録格子点は面心長方格子を形成している。記録する情報の値と情報マークの記録位置との関係は、スポット走査方向をプラスにして図14に示すように定義する。図15(a)は、第i番目のトラックの一つのセクタに記録された複数の情報マークを例示する。図では同一の格子点に複数の情報マークを重ねて示しているが、実際には一つの格子点には一つの情報マークしか記録されない。図では各セクタの先頭に値する図2に示したウオブルマークを単純化のために図示していない。また、本実施の形態では図2に示された学習マークは使用しない。光記録媒体としては、後述する参考例1と同様に光磁気媒体を使用し、一定の強度のレーザ光を照射して情報マークを記録する。従って、記録される情報マークの形状は円形である。この円形は、形状を決めるパラメータが半径のみであるので、一定の形状にすることが容易であり、かつ、その中心位置の制御もしやすい。654、655、657、658

はi番目のトラック上のp+5番目の格子点（これは情報記録格子点と仮定する）に対してそれぞれ $-2\Delta$ 、 $-\Delta$ 、 $+\Delta$ 、 $+2\Delta$ だけずれた位置に記録されたマークである。600は、記録された情報マークの読み出しタイミングを決めるためのそれ自体は公知の基準記録マークである。

【0017】具体的には、本実施の形態では図16に示す記録回路を使用する。プリビット検出回路716はディスク面上の各トラックの先頭部分に一定繰り返し周期であらかじめ作成されたそれ自体公知の複数のプリビット（図示せず）を光ヘッドが走査したとき光ヘッド（図示せず）内の総光量検出器（図示せず）が検出した総光量を表す総光量信号を利用して、それらのプリビットで決まる周期と位相を有する基準クロック信号を生成する。この基準クロック信号は、各格子点（情報記録格子点および情報を記録しない格子点の各々）の走査タイミングに同期したクロック信号である。記録タイミング発生回路717はこの基準クロック信号から、情報記録格子点の走査タイミングに一致した記録タイミングクロックを作り出す。この記録タイミングクロックは、走査するトラックが偶数番目か奇数番目かに応じて位相が異なるのは後述する参考例1と同じである。符号化回路709はユーザデータを2ビットずつ区分し、各2ビットを図14に従い位置ずれの情報に変換し、各情報を位相シフト回路711に与える。位相シフト回路711は記録タイミング発生回路717から出力された記録タイミングクロックの位相をこの位置ずれ情報に応じて変調する。光パルス発生回路714は、この位相変調されたクロックに同期してレーザ光を強度変調する。なお、図16では、図15に示した基準記録マーク600を書き込む回路は単純化のために省略した。

【0018】(2) 情報マークの再生

図15(b)に、図15(a)の情報マーク654、655、657、658を再生したときの信号出力を重ねて示す。これらの情報マークに対応する再生波形は、格子点608をスポットの中心が通過するタイミング609に対して頂点がそれぞれ $\Delta$ あるいは $2\Delta$ ずれた単峰性の波形654'、655'、657'、658'となる。この波形からずれ量を検出する方法としては、種々の方法があるが、各単峰性の再生波形のピーク位置が対応する情報マークの中心位置と一致することを考慮すると、これらの再生波形654'から658'の差分（または微分）信号を利用する方法が簡単である。これらの再生信号の差分出力は図15(c)に示すような波形となる。それぞれの波形の零クロス点610から614が対応する情報マークの中心位置を検出した時刻を表すことになる。従って、これらの零クロス点と格子点通過タイミング609との時間差を測定することにより、対応する情報マークの記録位置の情報記録格子点からのずれ量を求めることができる。

【0019】具体的には、図17に示す再生回路を使用する。プリビット検出回路708は、図16のプリビット検出回路716と同様に、複数のプリビット（図示せず）を光ヘッドが走査したとき光ヘッド（図示せず）からの総光量信号を利用してこれらのプリビットに同期して各格子点（ただし、情報記録格子点および情報を記録しない格子点の各々）の走査タイミングを示す基準クロック信号を出力する。図15の600は、記録された情報マークの読み出しタイミングを決めるためのそれ自体は公知の基準記録マークである。図17の基準記録マーク検出回路706は、各セクタのこのマーク600を検出する回路である。検出タイミング発生回路717は、プリビット検出回路708から出力された基準クロックから、情報記録格子点の走査タイミングを示す検出タイミングクロックを生成する。その際、この検出タイミングクロックの位相を基準記録マーク検出回路706による基準記録マークの検出タイミングに一致させる。すなわち、プリビット検出回路708で生成された各格子点に対応した基準クロック信号と基準記録マーク600の中心の検出タイミングとのずれを検出し、そのずれ分だけ検出タイミングクロックの位相をシフトさせている。

【0020】情報マークの記録位置に情報を持たせる本実施の形態においても種々の変動要因により再生出力が変動する。零クロス点を求める上記方法では情報記録格子点を光スポットが通過するタイミングを正確にとらえる必要があるが、これはスポットの形状、基板の変形等により微妙に変化する。従って、あらかじめ、基準記録マーク600をデータ記録領域中の情報記録格子点に記録した後、情報マークを記録し、情報マークの再生時に複数のプリビットから生成した基準クロックと基準記録マーク600の検出タイミングとのずれを検出して検出タイミングクロックの位相を補正している。従って、記録時に記録マークが線速度、記録パワー、磁界強度、媒体感度等によりシフトしたとしても、補正された検出タイミング信号により情報記録格子点の走査を示すタイミングを作成できる。従って、情報マークの中心位置の検出が正確にできる。なお、このような検出タイミングの補正自体は、特開昭64-1167号公報あるいはこれに対応する米国特許出願07/169,595および特開平1-155535号公報に詳しく述べられている。これらに記載の技術をここで参照により組み込む。

【0021】差分回路705は、光ヘッド（図示せず）の再生光検出器（図示せず）により出力された情報再生信号（光磁気信号）の差分信号（図15（c）参照）を生成する。この差分信号は、走査中の情報マークの中心で零となる信号となる。零クロス検出回路704は差分信号の零クロス点を検出し、そのタイミングを示す信号を発生する。時間測定回路703は、零クロス検出回路704により発生されたこのタイミング信号と検出タイミング発生回路707から発生された検出タイミング信

号との時間差を測定する。この時間差は走査された情報マークの記録位置のずれを表す。復号回路702では、この位置ずれに基づいて図14に従って走査された情報マークの位置を復号する。

【0022】図14では、2ビットの情報に4つの位置ずれ量を対応させたものであるが、この対応関係はいろいろに変形できる。具体的な数値を検討して見る。マークピッチ $M_p$ と等化残りの関係は、図4にすでに示されている。隣接マークが互いに最大位置ずれを起こし、最も近接した時の情報マークの間隔がスポット径 $W_s$ の約60%以上となるようにすれば、本実施の形態でも隣接トラックからのクロストークの影響を実質的に問題がない程度に減少できる。すなわち、本実施の形態でのマークピッチ $M_p'$ は、図4を用いて求めてマークピッチ $M_p$ を用いて、以下の条件を満たせばよい。

$$【0023】M_p' > M_p + 2n\Delta$$

たとえば、図4の波長と対物レンズの開口数からスポット径は $1.4\mu m$ 程度、マークピッチ $M_p$ が $0.88\mu m$ であることから、 $\Delta$ を $0.1\mu m$ とすると $M_p'$ を $1.08\mu m$ 以上に設定すると $-20dB$ 以下の等化残りにすることができ、高密度な記録再生が実現可能となる。この条件を満たす $n$ 個の位置ずれを用いると、 $\log$ を用いると、1つの格子点あたり $\log(2n)$ ビットの情報を与えることができる。ここで、 $\log$ は底が2の対数である。ただし、図17の回路から分かるように、本実施の形態では後述する参考例1で使用する学習マーク、等化係数学習回路および2次元等化回路は使用しない。隣接するトラックからのクロストークによる、情報マークの再生信号のピーク位置の検出誤差は無視できる程度にトラック間隔およびマークピッチが大きくなる。

#### 【0024】＜発明の実施の形態1の変形例＞

（1）情報マークの記録位置の別の検出方法としては、情報記録格子点を通過するタイミングで再生信号の差分または微分の値をサンプルホールドし、その絶対値と符号をもって、対応する情報マークの中心位置の情報記録格子点からのずれを検出する方法もある。

【0025】（2）このような、光スポットが情報記録格子点を通過するタイミングで得られる再生信号の差分または微分の値を用いて情報マークの位置ずれを検出する方法に、前記基準記録マーク600を利用することもできる。すなわち、記録された情報マークの大きさが記録時に変動すると再生信号の差分または微分出力の値の絶対値が変動する。この値を規格化するためにまず、基準記録マーク600での再生信号の差分または微分出力の正と負のピーク値をサンプルホールドし、これらの値が一定値になるよう再生回路のゲインを制御する。これは、通常のオートゲインコントロール回路により実現できる。こうすると、情報マークの大きさが変動しても情報記録格子点を通過するタイミングでの再生信号の差分



または微分出力の取りうる値は、情報マークの大きさに  
よらず、情報マークの位置ずれのみに依存する値とな  
る。従って、情報記録格子点を通過するタイミングでの  
情報マークのレベルを判定することにより情報マークの  
位置ずれを検出できる。

【0026】<発明の実施の形態2>本実施の形態で  
は、さらに密度を向上させるために、情報マークの記録  
位置を記録する情報に応じて情報記録格子点からずらせ  
るという実施の形態1で使用した多値の位相記録を行う  
とともに、記録される情報マークの光学的な性質を上記  
記録すべき情報に応じて変化させ、再生信号が多値のレ  
ベルとなるように多値レベルの信号を記録する。このた  
めに光記録媒体として多値記録可能な媒体を用い、記録  
方式としてこれまで説明してきた光変調記録ではなく、  
磁界変調記録を用いる。

【0027】この記録方式を使用する結果、記録された  
情報マークは図18(a)に示すように、矢羽根型とな  
る。本実施の形態では記録される情報マークの多値レ  
ベルは4値がとれ、それぞれのレベルを再生信号レベルの  
小さい方から順番に、“0”、“1”、“2”、“3”  
とする。情報マーク854、855、856、857、  
858は、それぞれレベル“3”を有し、同一格子点に  
対して異なる位置ずれでもって記録可能な5つの情報マ  
ークである。情報マーク群881はそれぞれレベル  
“1”を有し、同一格子点に対して異なる位置ずれでも  
って記録可能な5つの情報マークを示し、情報マーク群  
882はそれぞれレベル“2”を有し、同一格子点に対  
して異なる位置ずれでもって記録可能な5つの情報マ  
ークを示す。880は、異なるレベルを有し、同一格子点  
に対して位置ずれがない位置に記録可能な4つの情報マ  
ークを示す。同一格子点には一つのマークしか記録され  
ないが、ここでは簡単化のために同一格子点に記録可能  
なマークが重畳して示されている。図19は、記録すべ  
き情報と記録される情報マークとの対応関係を示す。す  
なわち、ユーザデータを複数の4ビット部分に分割し、  
各4ビット部分の前2ビットと後2ビットの組み合わせ  
に対して情報マークを記録する位置と情報記録格子点と  
の間の位置ずれと、記録する情報マークに記録する信号  
のレベルを決める。この記録方式で記録される情報マ  
ークの再生信号の位置による変化を示すアイパターンは図  
20に示す様になり、16個の黒丸の点が4ビットのユ  
ーザデータが取り得る再生信号のピーク値を示す。

#### 【0028】(1) 光磁気記録媒体

次に、多値レベルの信号を記録を可能とする光磁気記録  
媒体の特性につき説明する。図21(a)は、このよう  
な記録媒体の概略的な構造を例示する。透明基板10上  
に互いに積層された少なくとも2以上の記録層14、1  
8を担持し、第1の記録層14は、印加される外部磁界  
の少なくとも1以上の磁界領域において記録状態にな  
り、第2の記録層18は、上記磁界領域と異なる2以上

の異なる磁界領域でそれぞれ互いに異なる記録状態にな  
る光磁気記録膜で形成され、かつ、第2の記録膜の磁気  
光学特性が第1の記録層と異なる光磁気記録膜で形成  
される。このような媒体としては、本出願人の一方が先に  
出願した特願平6-96690号、特願平6-1436  
34号に記載したものがある。

【0029】光は基板10側から入射し、第1エンハ  
ンス膜12から膜16、20および記録層14、18を通  
過し、反射膜22により反射され、再び基板10に戻っ  
てくる。この間に第1、第2の記録層によって磁気的な  
特性の変化を受ける。これら第1エンハンス膜12、第  
2エンハンス膜16、第3エンハンス膜20はそれぞれ  
基板10と第1記録層14の間、第1第2記録層14、  
18の間、および第2記録層18と反射膜22の間に配  
置され、各層間の化学的な干渉を防止する。例えば、各  
層からの成分が拡散しないように、また他の層から不要  
成分が混入しないようにする。そのために化学的に安定  
な材料を用いる。さらにこれらのエンハンス膜は基板1  
0からの光を透過し、反射層22から戻ってくる光も通  
過させる光学的な透過特性を持つ必要がある。さらに、  
これらのエンハンス膜の膜厚を制御することにより多層  
構造の媒体から反射してくる光の量を増加(エンハ  
ンス)させる。このようなエンハンス層として例えば、Si  
O<sub>2</sub>、SiN等が用いられている。

【0030】第2の記録層18は、垂直磁化膜と、この  
垂直磁化膜と磁気的に結合され、かつこの垂直磁化膜よ  
りも記録又は消去用のレーザビーム照射時に磁化が外部  
磁界の方向に回転しやすい磁性材料からなる補助磁性膜  
とから構成される。この場合、この垂直磁化膜は、希土  
類と遷移金属との非晶質合金であって、希土類原子の副  
格子磁気モーメントが遷移金属原子の副格子磁気モー  
メントよりも室温からキュリー温度にかけて優勢なフェ  
リ磁性体から構成でき、この補助磁性膜は、遷移金属、遷  
移金属と貴金属との合金、酸素及び窒素のうちの少なく  
ともいずれか一方を含有する希土類と遷移金属との合  
金、及び前記垂直磁化膜よりも垂直磁気異方性エネルギー  
が小さな希土類と遷移金属との合金から選択されるいづ  
れかの磁性材料から構成できる。このような光磁気記録  
媒体を用いた場合、各記録層の各記録状態に対応する4  
段階の異なる外部磁界を印加することによって、信号の  
4値記録が可能になる。

【0031】具体例には、基板10は、ガラスまたはポ  
リカーボネートからなる透明な基板である。第1エン  
ハンス膜12は、100nm厚のSiN膜からなり、第1  
記録層は、15nm厚のTb<sub>19</sub>Fe<sub>62</sub>Co<sub>10</sub>Cr  
9膜からなる。第2エンハンス膜16は、10nm厚の  
SiN膜からなる。第2記録層18は、第2エンハ  
ンス膜16上に積層された、20nm厚のTb<sub>32</sub>Fe<sub>56</sub>  
Co<sub>12</sub>からなる垂直磁化膜と、その上に更に積層され  
た、5nm厚のPt<sub>80</sub>Co<sub>20</sub>からなる補助磁性膜か



らなる。第3エンハンス膜20は、10nm厚のSiN膜からなり、反射膜22は、70nm厚のAl膜からなる。保護膜24は、UVレジンからなる。

【0032】このような光磁気記録媒体に対して多値の情報を記するには、この光磁気記録媒体に対して光学ヘッド（図示せず）及び磁気ヘッド（図示せず）を相対的に駆動し、この光学ヘッドより光磁気記録媒体の記録トラックに沿ってレーザビームを照射しつつ、レーザビームが照射されている部分に、記録すべき情報に応じて多段階に磁界強度が変調された外部磁界を磁気ヘッドより印加する。この結果、第1、第2の記録層14、18に対して4値以上の多値レベルを有する情報マークを記録できる。この場合、レーザビームは、一定強度のレーザビームを連続的に照射することもできるし、周期的又はパルス状に照射することもできる。

【0033】また、この光磁気記録媒体に対して光学ヘッド及び磁気ヘッドを相対的に駆動し、前記磁気ヘッドより光磁気記録媒体に外部磁界を印加しつつ、前記光磁気記録媒体の記録トラックに沿って、前記光学ヘッドより記録信号に応じて多段階にレーザ強度が信号変調されたレーザビームを照射することによっても、2層の記録層に対して4値以上の多値記録を行うことができる。

【0034】以下に、このような記録媒体に対する多値記録の原理を詳細に説明する。垂直磁化膜18Aと所定の補助磁性膜18Bとを積層してなる第2の記録層18は、補助磁性層18Bの作用によって垂直磁化膜18A中の遷移金属の副格子磁気モーメントが容易に交換結合磁界方向に反転するので、記録層18全体の磁化の向きを外部磁界方向又はそれと反対の方向に向けることができる。一方、補助磁性層を有さず、前記第1の記録層18とは異なる磁界領域に1つの記録状態が存在する第1の記録層14は、昇温状態で外部磁界の向きに容易に記録層14全体の磁化の向きが反転する。

【0035】したがって、例えば図21(a)に示すように、室温からキュリー温度にかけて希土類原子の副格子磁気モーメントが遷移金属原子の副格子磁気モーメントよりも優勢なフェリ磁性体からなる第1記録層14と、室温からキュリー温度にかけて遷移金属原子の副格子磁気モーメントが希土類原子の副格子磁気モーメントよりも優勢なフェリ磁性体からなる第2記録層とを積層し、下向きの外部磁界を記録方向の外部磁界、上向きの外部磁界を消去方向の外部磁界として信号の記録を行う。

【0036】各記録層の全体の磁気モーメントはその記録層を構成する希土類元素の磁気モーメントと遷移金属原子の磁気モーメントの合成で決まる。図21(b)では上部に第2記録層18の各外部磁界に対する各原子の磁気モーメントを白矢印と黒矢印で示した。下部には第1記録層14の各外部磁界に対する各原子の磁気モーメントを同様の矢印を用いて示した。

【0037】第2の記録層に記録再生を行った結果を図22に示す。レーザをクロックに従って一定周期に照射し、これに同期して記録磁界を0との間で変化させる。記録磁界の繰り返し周波数に対応した、再生信号成分を検出し、雑音とともに示した。このことから、1つの記録層でも希土類元素の磁気モーメントと遷移金属の磁気モーメントの組み合わせにより外部磁場の2つの異なる磁界領域に記録状態を作ることができる。さらに、このような第2の記録層に第1の記録層14を組み合わせると、これらの組み合わせ物は以下のように動作する。

【0038】(i) 第1記録層14の全体の磁化の向きを消去方向に向けられる大きさの外部磁界H0（図22に示す領域(1)の外部磁界）を消去方向に印加することによって、第1記録層14の遷移金属原子の副格子磁気モーメントを記録方向に、第2記録層18の遷移金属原子の副格子磁気モーメントを消去方向に向けることができる。

【0039】(ii) 第1記録層14の全体の磁化の向きを記録方向に向けられる大きさの外部磁界H1（図22に示す領域(2)の外部磁界）を消去方向に印加することによって、第1記録層14及び第2記録層18の遷移金属原子の副格子磁気モーメントを共に消去方向に向けることができる。

【0040】(iii) 第1記録層14の全体の磁化の向きを消去方向に向けられる大きさの外部磁界H2（図22に示す領域(3)の外部磁界）を記録方向に印加することによって、第1記録層14及び第2記録層18の遷移金属原子の副格子磁気モーメントを共に記録方向に向けることができる。

【0041】(iv) 第1記録層14の全体の磁化の向きを記録方向に向けられる大きさの外部磁界H3（図22に示す領域(4)の外部磁界）を記録方向に印加することによって、第1記録層14の遷移金属原子の副格子磁気モーメントを消去方向に、第2記録層18の遷移金属原子の副格子磁気モーメントを記録方向に向けることができる。

【0042】光磁気記録媒体より信号として検出される一回転角の変化の大きさは、第1記録層14及び第2記録層18の各遷移金属原子の副格子磁気モーメントの合計に比例するから、図23に示すように、H0、H1、H2、H3の外部磁界が順次印加された記録トラックからは、外部磁界の大きさにより異なる4つの値を取る出力が得られる。図21(c)はこの外部磁界の大きさと相対信号出力との関係を模式的に示す。したがって、例えば同図に示すように、外部磁界H1による記録状態を“0”、外部磁界H0による記録状態を“1”、外部磁界H3による記録状態を“2”、外部磁界H2による記録状態を“3”にそれぞれ位置付けることによって、4値の信号を記録できる。

【0043】(2) 多値情報の記録

次に、本実施の形態における光磁気記録媒体を用いた信号の多値記録方法について説明する。本実施の形態では、前述した光磁気記録媒体を用いて多値レベルの信号を記録するために、記録する情報に応じて外部磁界を４段階に変調し、それにより多値レベルの信号を記録すると共に、レーザビーム照射タイミングを記録する情報に応じて変えることにより実施の形態１と同様に多値の位相記録を実行する。

【００４４】まず、光磁気記録媒体をターンテーブル等の媒体駆動部に装着し、透明基板側に光学ヘッドを、保護膜側に磁気ヘッドを配置する（図示せず）。媒体駆動部を起動して光磁気記録媒体と光学ヘッド及び磁気ヘッドとを相対的に所定の線速度で駆動し、光学ヘッド及び磁気ヘッドを所定のトラックに位置付ける。

【００４５】本実施の形態では、この記録媒体には、実施の形態１で使用した基準記録マーク６００（図１５）と同じく、情報記録格子点の位置を示すための基準記録マーク８００があらかじめ記録されている。図１８参照。なお、この記録媒体には、図１８には記載していないが、実施の形態１と同様に、各トラックの先頭部分に一定間隔を有する複数のプリビット（図示せず）があらかじめ記録され、各トラックの各セクタの先頭部分に、後述する参考例１で使用する図２に示すウオプリングルマーク１５１－１５３があらかじめ記録されているものと仮定する。更に、本実施の形態では、実施の形態１と異なり、後述する参考例１で使用する学習マーク１５４、１５５も各セクタの等化係数学習領域にあらかじめ記録されているものとする。本実施の形態でも、後述する参考例１、あるいはすでに述べた実施の形態１と同様に情報記録格子点は面心長方格子を形成している。

【００４６】以下では、ユーザデータの記録動作を回路図２４、２５とタイムチャート図２６、２７を用いて詳細に説明する。プリビット検出回路７１６は、光ヘッド（図示せず）の総光量検出器（図示せず）から与えられる総光量信号を使用して、ディスク面上の情報を記録すべきトラックの先頭部に設けられた一定間隔を有する複数のプリビット（図示せず）を検出し、これらに同期した周期と位相を有する基準クロック９００を発生する。記録タイミング発生回路７１７は、基準クロック９００を２分周したクロック９３４を発生するとともに、複数の情報記録用格子点のそれぞれの走査タイミングを示すクロック９１０と、それぞれ隣接する二つの情報記録用格子点の間に位置する情報を記録しない中間の格子点のそれぞれの走査タイミングを示すクロック９３２を生成する。

【００４７】多値符号化回路７０９は基準クロック９００に同期して動作するもので、記録すべき時系列のユーザデータ信号９０１を複数の４ビット部分に区分し、各４ビット部分の前２ビットからなるデータと後２ビットからなるデータとを分離し、それらから図１９に示した

関係で磁界の値と位置ずれ量が制御するための、磁界制御用２ビットデータ９３０と位置制御用２ビットデータ９２０を生成し、それぞれ多値レベル発生回路７１０と位相シフト回路７１１に供給する。この実施の形態ではユーザデータの各４ビット部分の前２ビット“００”、“１０”、“１１”がそれぞれ多値レベル“１”、“３”、“２”にそれぞれ対応している。この前２ビットがこれらの値を有するときに、ユーザデータの各４ビット部分の後２ビット“００”、“０１”、“１０”、“１１”がそれぞれ位置ずれ“－２△”、“－△”、“＋△”、“＋２△”にそれぞれ対応している。しかし、この前２ビット“０１”は位置ずれ“０”に対応し、この場合には、ユーザデータの各４ビット部分の後２ビット“００”、“０１”、“１０”、“１１”がそれぞれ多値レベル“１”、“０”、“３”、“２”に対応している。従って、多値符号化回路７０９は、ユーザデータの各４ビット部分の前２ビットが“０１”でない場合には、その前２ビットの値に依存し、かつ、図１９に従い多値レベルを表す磁界制御用２ビットデータを出し、その４ビット部分の後２ビットに依存し、かつ、図１９に従い位置ずれ量を表す位置制御用２ビットデータ９２０を出力する。しかし、その前２ビットが、“０１”の場合には、その４ビット部分の後２ビットの値に依存して図１９に従い多値レベルを表す磁界制御用２ビットデータ９３０を生成し、位置ずれ“０”を表す位置制御用２ビットデータ９２０を出力する。

【００４８】多値レベル発生回路７１０では、図２５に示すように、偶数ビット奇数ビット分離回路９５０が、多値符号化回路７０９から与えられた、ユーザデータの各４ビット部分に対する磁界制御用２ビットデータ９３０の内の最初のビット（以下ではこれを偶数ビットと呼ぶ）９０３と当該磁界制御用２ビットデータ９３０内の次のビット（以下ではこれを奇数ビットと呼ぶ）９０２に分ける。具体的には、この回路９５０は、クロック９３４の反転信号と磁界制御用２ビットデータ信号９３０の論理積をとり、奇数ビット信号９０２を作成する回路を有する。また、クロック９３４と磁界制御用２ビットデータ９３０の論理積をとって偶数ビット信号９０３を作成する回路を有する。タイミングシフト回路９５１は、クロック９３４の１周期分遅延するようにこの偶数ビット信号９０３をシフトした信号９０４を生成する。パルス長２倍化回路９５２、９５４は、それぞれこのシフト後の信号９０４と奇数ビット信号９０２のそれぞれのパルス長さを信号９３４の１周期分だけ伸ばし、それぞれ信号９０５、９０６を発生する。インバータ回路９５６により信号９０６の反転信号９３１を作成する。

【００４９】その後、増幅器９５３、９５７により、それぞれ信号９０５、９３１を $G'$ 倍、 $G$ 倍した振幅を有する信号を生成する。ここで、 $G'$ と $G$ の関係は $G' = -2 \times G$ とする。これらの増幅器で生成された二つの信

号を加算器 958 加算して多値レベルの電圧を生成する。その後、この電圧を磁気ヘッド駆動回路 713 で電圧電流変換することによって、磁気ヘッド（図示せず）により図 27 に示す外部磁界を生成し、記録媒体に印加する。本実施の形態では一対の情報記録格子点の間に位置する中間の格子点では必ずレベル“0”に対する磁化領域を生成する。このためには、この加算器 958 には、情報マークを記録しない中間の格子点では、再生レベル“0”に対応する前述の磁界 H1 を作り出すように加算器 958 の出力 916 をシフトするためのオフセット分 V0 をさらに加算する。この加算器 958 の出力 916 はユーザデータの各 4 ビット部分から生成された磁界制御用 2 ビットデータに対応する 4 つのレベル“0”、“1”、“2”または“3”の一つを有することになる。

【0050】図 24 において、切り替え回路 712 は、クロック 934 がローの時に信号 916 を選択し、クロック 934 がハイのときオフセット V0 を選択するように、信号 916 と上記オフセット V0 をクロック 934 に同期して交互に選択する。この切り替え回路 712 の出力 917 を磁気ヘッド駆動回路 713 に入力し、この回路の出力により磁気ヘッド（図示せず）に外部磁界を発生させる。この結果、情報記録格子点には、加算器 958 の出力 916 のレベル“0”、“1”、“2”または“3”に対応する磁化状態を生成するための磁界 H1、H0、H3 または H4 が発生され、情報マークを記録しない格子点に対しては再生レベル“0”に対応する磁化状態を生成するための磁界 H1 が発生される。

【0051】一方、図 24 において、位相シフト回路 711 は、多値符号化回路 709 で生成された、ユーザデータ 901 内の各 4 ビット部分から生成された位置制御用 2 ビットデータ 920 に従って、情報記録格子点の走査タイミングを示すクロック 910 の位相をシフトする。光パルス発生回路 714 は、このシフト後のクロック信号を論理和回路 730 を介して受け取り、シフト後のクロックに同期して、レーザ光の照射タイミングを制御する。こうして、外部磁界が所定の値に切り替わった後、光学ヘッドにより図 27 の信号 933 により示すタイミングで光パルスが照射され、記録媒体の各記録層の光パルスが照射された部分が外部磁界によって磁化反転できる温度まで加熱される。これによって、各記録層の光パルスが照射された部分に、外部磁界の大きさに応じて図 27 に示す磁化ドメインが形成される。このように、多値レベル発生回路 710 と磁気ヘッド駆動回路 713 の働きにより発生された多値の磁界と位相シフト発生回路 711 により発生された多値の位相に従って、ユーザデータの各 4 ビット部分に依存する磁化状態が情報記録格子点に形成される。情報を記録しない格子点に関しては、光パルス発生回路 714 が、記録タイミング発生回路 717 から論理和回路 730 を介して与えられる

クロック 932 に応答して、この格子点を走査するタイミングで光パルスを発生する。従って、切り替え回路 712 と磁気ヘッド駆動回路 713 の働きで発生された一定磁界 H1 とこの光パルスにより、情報記録をしない格子点に一定の磁化状態が生成される。

#### 【0052】(3) 情報マークの再生

こうして記録された情報マークの再生には、たとえば、図 28 の再生回路を使用する。プリビット検出回路 708 は、光ヘッド（図示せず）内の総光量検出器（図示せず）からの総光量信号を利用して、再生中のトラックの先頭部分にあらかじめ形成された複数のプリビットを検出し、これらに同期した周期と位相を有する基準クロックを生成する。基準記録マーク検出回路 706 は、この光ヘッドが各セクタを走査しているときにその光ヘッド内の再生光検出器（図示せず）から出力される再生信号（光磁気信号）から、基準記録マーク 800（図 18）を検出し、この情報マークの中心点が走査されたタイミングを示す信号を出力する。

【0053】検出タイミング発生回路 707 は、プリビット検出回路 708 により生成された基準クロックを基準記録マーク検出回路で検出された基準記録マーク 800 の走査タイミングに応じて位相をシフトし、シフト後の基準クロックから、データ記録領域内の各情報記録格子点を走査するタイミングを示す信号 707A とそのデータ記録領域内の隣接する一対の情報記録格子点の中間にそれぞれ位置する情報を記録しない格子点の走査タイミングを示すクロック 707B とを生成する。

【0054】差分回路 705 は、光ヘッドにより検出された光磁気信号の差分信号を生成し、零クロス検出回路 704 によりこの差分信号の零クロスのタイミングを検出し、零クロスタイミング信号 704A を出力する。タイミング時間測定回路 703 は、零クロスタイミング信号 704A が示す零クロスタイミングと、検出タイミング発生回路 707 から与えられた、情報記録格子点の走査タイミングとの間の時間的なずれを検出し、検出された時間的なずれに対応する位置ずれを表すデジタルデータを出力する。

【0055】なお、図 18 (b) において、854'、855'、856'、857'、858' は、情報マーク 854、855、856、857、858 に対して検出された光磁気信号の波形を示す。図 18 (c) において、810、811、813、814 は、再生信号 854'、855'、857'、858' に対する差分信号の零クロス点を示す。図 27 には、具体的なユーザデータに対して生成された磁区形状に対する再生波形も示す。なお、以上に説明した回路の動作は、実施の形態 1 における同じ名称の回路と基本的には同じである。

【0056】スライスレベル発生回路 720 は、基準記録マーク検出回路 706 からの、基準記録マーク 800 を検出したことを示すタイミング信号に応答して、基準

記録マーク800に対する光磁気信号のピーク値を取り込み、任意の情報記録マークに対する再生信号のレベルを判定するためのスライスレベルとして、図27に示したスライスレベルL1、L2、L3を決定する。これらのスライスレベルの決定のためには、上記基準記録マーク800として、最大の再生信号を与えるための基準記録マークを記録し、そのマークの後に最小の再生信号を与えるための他の基準記録マークを記録し、上記スライスレベル発生回路720は、基準記録マーク検出回路706からの、基準記録マーク800を検出したことを示す上記タイミング信号に応答して、それらの二つの基準記録マークに対する再生信号のピークを取り込み、これらのピーク値に基づいて、上記スライスレベル1、2、3を決定する。なお、図18にはここで記載した他の基準記録マークは簡単化のために示していない。

【0057】サンプルホールド回路700は、論理和回路734を介して零クロス検出回路704から与えられる零クロスタイミング信号704Aと、検出タイミング発生回路707から与えられる、情報記録格子点の間の中間格子点の走査タイミングを示すタイミング信号707Bの各々に応答して、それぞれのタイミング信号が示すタイミングで、光磁気信号をサンプルホールドする。2次元等化回路732は、後述する参考例1で使用された同一の名称の回路と実質的に同じものであり、走査中のトラックの各情報記録格子点に対する再生信号（光磁気信号）に対する隣接する二つのトラックからのクロストーク成分を、その情報記録格子点の直前と直後に位置する一対の中間の格子点に対する一対の再生信号を利用して除去し、さらに、クロストークを除去した後の再生信号に残る、符号間干渉成分を、その情報記録格子点の前に位置する少なくとも一つの情報記録格子点に対する再生信号と、その情報記録格子点の後に位置する少なくとも一つの情報記録格子点に対する再生信号とにより除去する。

【0058】等化係数学習回路731は、後述する参考例1で使用する同一の名称の回路と実質的に同じ働きをする回路であり、2次元等化回路732で使用される等化係数を、光ヘッドにより走査中のセクタに記録された学習マーク（図示せず）に対する再生信号を利用して算出する。本実施の形態では、等化係数を学習するための学習マークも磁界変調で記録され、矢羽根型形状を有することになる。しかし、このような形状の学習マークを用いても、等化係数の学習は後述する参考例1と全く同様に行うことができる。ただし、このときの学習マークとして記録する情報のレベルをデータ領域に記録する情報マークが有する4つのレベルの一つに一致させることが望ましい。とくに、この一つのレベルは最大レベルであることが望ましい。本実施の形態では、後述する参考例1と異なり、学習マークは情報記録格子点とは少しずれた位置に記録される。このずれ量は、図19で与えら

れる、データ記録領域に記録される情報マークが取りうる4つの位置ずれの一つと一致させる。たとえば、このずれ量は $+\Delta$ あるいは $-\Delta$ に一致させる。

【0059】このような位置ずれを有する学習マークを読み出すためのタイミングは、零クロス検出回路704から与えられる零クロスタイミング信号704Aにより等化係数学習回路731に指示される。なお、等化係数学習回路731は、学習マークの前後に位置する中間点における再生信号を使用する必要がある。この中間点における再生信号を読み出すタイミングは、検出タイミング発生回路707により与えられるクロック信号707Bにより指示される。データ記録領域に記録される情報マークの、直近の情報記録格子点とのずれ量は、図19に示されたように、 $+2\Delta$ 、 $+\Delta$ 、 $-\Delta$ 、 $-2\Delta$ のいずれかであり、学習マークが記録されている位置と、直近の情報記録格子点との間の位置ずれとは異なりうるが、基準のずれ量 $\Delta$ 自体が、格子点間隔およびトラック間隔に比べて十分小さいので、以上のようにして学習された等化係数は、データ領域に記録される、いろいろの位置ずれを有する情報マークに対してそのまま利用しても、クロストーク成分は後述する参考例1と同様に除去できる。

【0060】このような、等化係数学習回路731、2次元等化回路732の働きにより、この2次元等化回路732からは、各情報記録格子点に対する再生信号のピーク値に対して、隣接する一対のトラックからのクロストーク成分を除去したピーク値を示す信号が出力され、量子化回路701は、この出力されたピーク値を、スライスレベル発生回路720により生成されたスライスレベルL1、L2、L3により量子化し、情報記録格子点に記録された情報マークに対するレベルを表すデジタル信号を出力する。なお、スライスレベル発生回路720は基準記録マーク800に対する再生信号からスライスレベルを決めるが、このマークの近傍には、このマークに対してクロストークを生じるようなマークは存在しないと仮定している。従って、このスライスレベル発生回路720に供給される再生信号に対しては、上に述べた2次元等化回路を使用しない。等化係数学習回路731が使用する学習マークに対する再生信号に対しても同様である。

【0061】多値復号回路702は、各情報記録格子点に対して時間測定回路703により出力された位置ずれデータを表すデジタルデータとその情報記録格子点に対して量子化回路により出力された多値レベルを表すデジタルデータから、図19に従い、その情報記録格子点に記録された情報マークが表す4ビットデータの前2ビットと後2ビットを複号する。

【0062】以上のごとく、本実施の形態では、各情報記録格子点に多値レベルを表す情報マークを異なる位置ずれでもって記録することができるので、一つの情報記

録格子点に記録できる情報量が増大する。

【0063】＜発明の実施の形態2の変形例＞

(1) 光磁気記録媒体として、他の媒体を使用して多値レベルを記録することもできる。たとえば、異なる二つの磁界領域に属する外部磁界が印加されたときにそれぞれ2つの互いに異なる記録状態（磁化状態）になる第1の記録層と、これらの二つの磁界領域と異なる二つの磁界領域に対して互いに異なる二つの記録状態になる第2の記録層であって、第1の記録層とは磁気光学特性が異なる材料からなるものとを積層した光磁気記録媒体を用いることもできる。この場合には、第2の記録層は実施の形態2に記載した垂直磁化膜と補助磁性膜にて構成される必要はなく、単一の磁性膜でよいが、第2の記録層は、第1の記録層が記録状態になる二つの磁界領域とは異なる二つの磁界領域において2つの異なる記録状態になることが必要である。この様な媒体の具体例は、本出願人の一方が先に出願した特願平6-96690号、特願平6-143634号に記載されている。これらに記載された技術を参照によりここに組み込む。

【0064】このような媒体に対しても実施の形態2の媒体に対して先に説明した図21(b)、図21

(c)、図22、図23の説明はあてはまる。例えば、図23に1点鎖線で示される特性を有する第1記録層と、同図に破線で示される特性を有する第2記録層とを積層した場合、図23に示すH0、H1、H2、H3の各外部磁界を印加することによって、それぞれ図23に示される4つの記録状態“0”、“1”、“2”、“3”を現出することができる。したがって、例えばこれらの図に示すように、外部磁界H0による記録状態を“0”、外部磁界H1による記録状態を“1”、外部磁界H2による記録状態を“2”、外部磁界H3による記録状態を“3”にそれぞれ位置付けることによって、±100(Oe)程度の外部磁界で信号の4値記録ができる。

【0065】(2) 実施の形態2に記載の材料および上記変形例1に記載の材料に対して、図29に示すように、外部磁界に直流バイアス磁界を印加して外部磁界の中心磁界を-50(Oe)程度マイナス側にシフトさせれば、±50(Oe)程度の小さな外部磁界で3値信号の記録も可能になる。

【0066】(3) 図24に示した記録回路は、たとえば、以下のように変形することも可能である。多値レベル発生回路710を、図25に示した加算器958を使用しないで、増幅器953、957の出力をそれぞれ別々に出力するように構成し、図24に示した記録回路内に、磁気ヘッド駆動回路713の他に第2の磁気ヘッド駆動回路を設け、これら二つの磁気ヘッド駆動回路により上記二つの増幅器の出力信号を別々に電圧電流変換させる。ターン数が異なる2本の巻線をもった一つの磁気ヘッドをこれらの磁気ヘッド駆動回路により駆動する。

【0067】(4) 磁気ヘッドに代えて、例えば電磁コイルなどの他の磁界発生装置を用いることも勿論可能である。

【0068】(5) 実施の形態2で説明したように、同一セクタ内に二つの基準記録マークを設ける方法に代えて、各セクタに一つの基準記録マークを記録し、隣接する二つのセクタに記録された二つの基準記録マークを利用して上記3つのスライスレベルを決定することもできる。

【0069】＜参考例1＞本参考例は、上記実施の形態2、3で使用する、クロストーク成分および符号間干渉成分を削減する技術を説明するためのものである。そのために、ここでは、実施の形態1から3で使用された多相記録あるいは多値記録を使用しない光学的情報記録再生装置を例に用いる。

【0070】(関連する従来の技術) 一般に、レーザ光を用いて情報トラック上に情報マークを記録し、この情報マークの有無に応じた光学的な変化を検出して情報を再生する光情報記録媒体の記録密度を向上させるためには、情報トラックの間隔(トラックピッチ)を狭くし、かつ光スポット走査方向の情報マークの配列間隔(マークピッチ)を狭くする必要がある。しかし、トラックピッチ及びマークピッチが小さくなると、光スポットが1つの情報マークを照射したときに周囲の他の情報マークの一部も同時に照射するため、再生すべき情報マークの信号に周囲の情報マークの信号が2次元的に漏れ込むという問題が起こる。この漏れ込みは、ノイズ成分として干渉し、再生の精度を低下させる。従って、使用可能なトラックピッチ及びマークピッチは、光スポットの径によって制限されることになる。

【0071】このような2次元的な情報の漏れ込みにより生じた漏れ込み成分を2次元等化処理を行ってキャンセルすることにより、トラックピッチとマークピッチを小さくする技術が、特開平2-257474号公報に開示されている。この従来技術では、情報は記録媒体上に予め定められた格子点上に記録される。光スポットのトラック方式には、ディスクリットブロックサーボフォーマット(DiscreteBlock servo Format:以下、DBFと略す)を用いている。従来、DBFはそのトラック信号検出の容易性、及び記録再生データのクロック検出の安定性において特徴があり、ディスク上に書き込まれたクロックピットを用いて全てのタイミングを検出できるので、2次元的な格子点上に精度よくマークを記録することができる。情報再生時には、トラックi-1、トラックi及びトラックi+1の隣接する3本のトラック上の格子点からの再生信号に基づき、信号処理を行い、目的トラックiの再生信号に対して隣接するトラックからの情報の漏れ込み(クロストーク)と目的トラックi上からの漏れ込み(符号間干渉)を低減する。

【0072】この従来技術における信号処理では、まず



1つの光ビームでトラック  $i-1$ 、トラック  $i$  を順次再生して、その再生信号を対応する3つの各メモリに格納し、次に光ビームでトラック  $i+1$  を再生しながら、トラック  $i-1$ 、 $i$ 、 $i+1$  上の符号間干渉をそれぞれのトラックに対応する3つのトランスバーサルフィルタにより低減し、その後でトラック  $i-1$ 、 $i$ 、 $i+1$  の各再生信号を加算器により加算することにより、トラック  $i$  の再生信号から2次元的な漏れ込みを低減している。

【0073】特開平5-205280号公報に記載の技術では、記録媒体上に複数のクロストーク検出領域を設け、クロストーク検出領域内の各トラック上にクロストーク検出用ビットを互いに干渉しないように配置しておき、情報再生の前に、情報再生すべきトラック上のクロストーク検出用ビットと隣接するトラック上のクロストーク検出用ビットを3つの光スポットを用いて同時に再生し、得られた再生信号に基づき隣接するトラックからのクロストーク量を学習する。情報再生すべきマークを読み出すときにも、この情報再生すべきトラックと、それに隣接する1対のトラックを上記3つの光スポットで照射し、情報再生すべきトラックに対する再生信号に含まれた隣接する一対のトラックからのクロストークを、隣接する一対のトラックに対する再生信号と上記学習したクロストーク量とを用いて除去する。

【0074】高い記録密度を達成するための他の技術がANSI文書に提案されている。そこでは、偶数のトラック番号を有するトラック上の情報記録位置が、奇数のトラック番号のトラック上の情報記録位置のちょうど中間に位置するように、二つのトラックごとに、情報記録位置が変更される。

【0075】(本参考例が解決しようとする課題) 隣接するトラックからのクロストークを信号処理により軽減しようとする従来の技術では、装置が複雑になるという問題を有している。たとえば、上記特開平2-257474号公報に記載されている従来技術では、1ビーム光学系を使用すればよいので、光学系は簡単であるが、クロストークを除去するために3つのトラックの再生信号の強度を保持するためのメモリと3つのトランスバーサルフィルタが必要となり、装置のコストが増大する。また、上記特開平5-205280号公報に記載されている従来技術によれば、隣接するトラックからのクロストークを低減するためには、3つの光スポットを用いる必要があり、光学系が非常に複雑になる。また、上記クロストーク検出用ビットに同期したクロックが無いのでクロストーク検出用ビットの前後の再生信号検出点を把握することができず、それ故に目的トラック上の符号間干渉量を検出することができない。

【0076】以下、本参考例の詳細を説明する。

#### (1) 装置の概要

図1は、本発明に係る光学的情報記録再生装置(以下、光ディスク装置と称する)の概略構成図である。

【0077】この光ディスク装置は、図示しない駆動装置に搭載された、光学的情報記録媒体(以下、光記録媒体と称する)100と、情報を記録するあるいは記録された情報を再生するときに、一つの光スポット101を光記録媒体100上に照射する光ヘッド102と、光記録媒体100の回転に同期した信号を発生する同期信号発生器105と、同期信号発生器105が発生する同期信号に基づき光スポット100のトラッキングを実行する位置決め回路110と、情報記録時には記録すべきユーザデータを変調し、情報再生時には再生信号104を2値化し、復調することにより記録したデータを入力するデータ制御回路116と、データ制御回路116から出力された変調信号に基づき光スポットの強度を変調して光記録媒体100上に変調されたデータを記録するレーザ駆動回路119と、光スポット101がトラックを走査することで得られる再生信号をアナログ/デジタル変換(以下、A/D変換と称する)して再生信号に含まれるオフセット成分を削減する前処理回路112と、前処理回路112の出力信号に基づき2次元的な漏れ込みを低減する2次元等化回路114と、光ディスク装置に光記録媒体を装着した状態で2次元等化回路114が用いる最適な等化係数を求めるための等化係数学習回路121とから構成される。

【0078】2次元等化回路114は、光記録媒体100の一つのトラックから情報が再生されているときに、一つの光スポット101に対する、そのトラック上の、情報マークが記録されるべき位置からの再生光に含まれる、隣接トラックからのクロストークを、この光スポットに対する、その再生位置の近傍の、情報マークが記録されていない位置に対する再生光を使用して除去するところに特徴がある。さらに、2次元等化回路114は、このクロストークを除去した後の信号に残る、このトラック内の異なる情報マークからの符号間干渉も除去する。このことを実現するために、光記録媒体100には、情報マークが図2に示すように記録される。

【0079】図2は、光記録媒体100に含まれた複数のセクタの各々に含まれるいろいろの領域を示す。各データ記録領域14には、ユーザデータが1のときに情報マーク157が記録される。情報マーク157が記録可能な位置は、光記録媒体100の回転時に、同じ時間間隔で走査される複数の格子点の一つである。本参考例では、同一のトラックでは、一つ置きの格子点(本参考例では、第1種格子点または情報記録用格子点と呼ぶ)に情報マーク157が記録可能になっている。そのトラック上のそれ以外の格子点(本参考例では、第2種格子点または中間点と呼ぶ)には情報マーク157が記録されない。しかも、偶数番のトラック上の情報マークを記憶可能な第1種格子点のトラック方向位置が、奇数番トラック上の、情報マークが記録可能な第1種の格子点のトラック方向位置に対して、1格子点だけずれるように、

第1種格子点が定められる。図2において、一番上のトラックの上に付された複数の短い垂直線は情報記録用格子点および中間点を示す。一方、その一番上のトラック以外のトラックに付された複数の短い垂直線は情報記録用格子点を示し、中間点、たとえば、156にはこのような垂直線は付されていない。

【0080】図2に示されたように情報記録用格子点をトラックごとにずらせること自体は、高密度記録のために公知であるが、本参考例は、この配置を一つの光ビームで再生された信号からクロストークを効果的に除去するために使用される。

【0081】図2において、等化係数学習領域13には、等化係数学習回路121が、上記2次元等化回路114が行う等化処理で使用する等化係数を算出するための学習マーク154、155が記録される。学習マーク154、155は、それぞれ偶数番目と奇数番目のトラックに記録される学習マークで、相互の間で干渉が生じないように、隔てられている。なお、サーボ領域11は、上記一つの光スポット101でもって精度の高いトラッキングを行うために使用され、クロックマーク153とウォブルマーク151、152が記録されている。オフセット量検出領域12は、トラッキングずれによる、等化係数の算出への悪影響を除去するために使用される。

【0082】(2) 本参考例での等化処理の原理  
本参考例の詳細な説明の前に、本参考例での等化処理の原理を説明する。

【0083】図3においてi番目のトラック上のj番目の格子点を $(i, j)$ とすると、この $(i, j)$ の格子点の周りには $(i-1, j-1)$ 、 $(i-1, j)$ 、 $(i-1, j+1)$ 、 $(i, j-1)$ 、 $(i, j+1)$ 、 $(i+1, j-1)$ 、 $(i+1, j)$ 、 $(i+1, j+1)$ の8箇所の隣接格子点がある。光スポット101が $(i, j)$ の格子点を照射するとき、これら隣

$$\begin{aligned} S'(i, j) = & S(i, j) \\ & + a \cdot S(i-1, j-1) + b \cdot S(i-1, j) \\ & + c \cdot S(i-1, j+1) + d \cdot S(i, j-1) \\ & + e \cdot S(i, j+1) + f \cdot S(i+1, j-1) \\ & + g \cdot S(i+1, j) + h \cdot S(i+1, j+1) \end{aligned} \quad (1)$$

ここに、 $S(i, j)$ は格子点 $(i, j)$ に情報マークが単独で存在し、隣接情報マークが存在しない場合の再生信号レベルである(以下、孤立信号と呼ぶ)。簡単のために、格子点 $(i, j)$ に情報マークが存在する場合には $S(i, j)$ は、例えば1となり、格子点 $(i, j)$ に情報マークが存在しない場合には $S(i, j)$ は、例えば0となるとする。(1)式中の $a \cdot S(i-1, j-1) + b \cdot S(i-1, j) + c \cdot S(i-1, j+1) + f \cdot S(i+1, j-1) + g \cdot S(i$

$$\begin{aligned} S'(i, j-1) = & S(i, j-1) \\ & + a \cdot S(i-1, j-2) + b \cdot S(i-1, j-1) \end{aligned}$$

接格子点上に情報マークがある場合にはその情報マークも一部照射されるために、隣接トラック上の格子点からの情報の漏れ込みであるクロストークが生じる。例えば、格子点 $(i, j)$ 上に孤立状態のマークがあれば信号 $S(i, j)$ が得られる。一方、格子点 $(i-1, j-1)$ 上に孤立状態のマークがあればこのマークから信号 $a \cdot S(i-1, j-1)$ が格子点 $(i, j)$ に漏れ込んでしまう。同様にして、格子点 $(i-1, j)$ 上に孤立状態のマークがあればこのマークから信号 $b \cdot S(i-1, j)$ が $(i, j)$ に漏れ込む。格子点 $(i-1, j+1)$ 上に孤立状態のマークがあればこのマークから信号 $c \cdot S(i-1, j+1)$ が格子点 $(i, j)$ に漏れ込む。格子点 $(i, j-1)$ 上に孤立状態のマークがあればこのマークから信号 $d \cdot S(i, j-1)$ が格子点 $(i, j)$ に漏れ込む。格子点 $(i, j+1)$ 上に孤立状態のマークがあればこのマークから信号 $e \cdot S(i, j+1)$ が格子点 $(i, j)$ に漏れ込む。格子点 $(i+1, j-1)$ 上に孤立状態のマークがあればこのマークから信号 $f \cdot S(i+1, j-1)$ が格子点 $(i, j)$ に漏れ込む。格子点 $(i+1, j)$ 上に孤立状態のマークがあればこのマークから信号 $g \cdot S(i+1, j)$ が格子点 $(i, j)$ に漏れ込む。格子点 $(i+1, j+1)$ 上に孤立状態のマークがあればこのマークから信号 $h \cdot S(i+1, j+1)$ が格子点 $(i, j)$ に漏れ込む。ここで、 $a \sim h$ は図3に示すように、隣接格子点からの情報の漏れ込み量を表し、値は1よりも小さい。尚、 $a \sim h$ における矢印はどこから情報の漏れ込みが入って来るかを示すだけで、大きさを示すものではない。このとき、図2に示したような格子点 $(i, j)$ で得られる、隣接情報マークからの干渉を受けた再生信号 $S'(i, j)$ を考えると、図3に示した情報の漏れ込み量を用いて、次のように表すことができる。

【0084】

$+1, j) + h \cdot S(i+1, j+1)$ が隣接格子点からのクロストークを表す。

【0085】一方、 $(i, j-1)$ の格子点位置で得られる隣接情報マークからの干渉を受けた再生信号 $S'(i, j-1)$ 、及び $(i, j+1)$ の格子点位置で得られる隣接情報マークからの干渉を受けた再生信号 $S'(i, j+1)$ を考えると、次のように表すことができる。

【0086】



$$\begin{aligned}
 &+c \cdot S(i-1, j) + d \cdot S(i, j-2) \\
 &+e \cdot S(i, j) + f \cdot S(i+1, j-2) \\
 &+g \cdot S(i+1, j-1) + h \cdot S(i+1, j) \\
 S'(i, j+1) = &S(i, j+1) \\
 &+a \cdot S(i-1, j) + b \cdot S(i-1, j+1) \\
 &+c \cdot S(i-1, j+2) + d \cdot S(i, j) \\
 &+e \cdot S(i, j+2) + f \cdot S(i+1, j) \\
 &+g \cdot S(i+1, j+1) + h \cdot S(i+1, j+2)
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

もし、 $S(i-1, j-2) = S(i-1, j) = S(i-1, j+2) = S(i, j-1) = S(i, j+1) = S(i+1, j-2) = S(i+1, j) = S(i+1, j+2) = 0$  が常に成り立つならば、(2)式と(3)式を用いて(1)式に含まれる隣接トラックからのクロストークを削除できる。すなわち、マークが記録できる格子点を図2に示したように面心長方格子状

に配置すれば、この条件が満たされるので、隣接トラックの再生信号を用いなくても隣接トラックからのクロストークを低減することができる。これを以下に詳しく説明する。

【0087】マークが記録できる格子点が面心長方格子状に配置されていれば、上記(1)式～(3)式はそれぞれ(1-1)式～(3-1)式のように表される。

$$\begin{aligned}
 S'(i, j) &= S(i, j) + a \cdot S(i-1, j-1) \\
 &+ c \cdot S(i-1, j+1) + f \cdot S(i+1, j-1) \\
 &+ h \cdot S(i+1, j+1) \\
 S'(i, j-1) &= b \cdot S(i-1, j-1) \\
 &+ d \cdot S(i, j-2) + e \cdot S(i, j) \\
 &+ g \cdot S(i+1, j+1) \\
 S'(i, j+1) &= b \cdot S(i-1, j+1) \\
 &+ d \cdot S(i, j) + e \cdot S(i, j+2) \\
 &+ g \cdot S(i+1, j+1)
 \end{aligned}
 \tag{1-1}$$

(1-1)式中の $a \cdot S(i-1, j-1) + c \cdot S(i-1, j+1) + f \cdot S(i+1, j-1) + h \cdot S(i+1, j+1)$ が、マークが記録できる格子点が面心長方格子状に配置されている場合における隣接格子点からのクロストークを表す。また、情報の漏れ込み量

$a, b, c, \dots, h$ には $a = b \cdot d, c = b \cdot e, f = g \cdot d, h = g \cdot e$ の関係がほぼ成り立つので、(2-1)式と(3-1)式はそれぞれ(2-2)式と(3-2)式のように表される。

$$\begin{aligned}
 S'(i, j-1) &= d \cdot S(i, j-2) + e \cdot S(i, j) \\
 &+ (a \cdot S(i-1, j-1) + f \cdot S(i+1, j-1)) / d \\
 S'(i, j+1) &= d \cdot S(i, j) + e \cdot S(i, j+2) \\
 &+ (c \cdot S(i-1, j+1) + h \cdot S(i+1, j+1)) / e
 \end{aligned}
 \tag{2-2}$$

(2-2)式に $d$ を掛け、また(3-2)式に $e$ を掛ければ(1-1)式で問題となったクロストーク成分、 $a \cdot S(i-1, j-1), c \cdot S(i-1, j+1), f \cdot S(i+1, j-1), h \cdot S(i+1, j+1)$ が判明する。従って、以下に示したように(1-1)式

$-d \cdot (2-2)式 - e \cdot (3-2)式$ なる演算を行えば隣接トラックからのクロストークを低減することができる。

【0088】

$$\begin{aligned}
 S''(i, j) &= A0 \cdot S'(i, j) + A1 \cdot S(i, j-1) \\
 &+ A2 \cdot S(i, j+1)
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

ここで、 $A0 = 1 / (1 - 2d \cdot e)$   
 $A1 = -d / (1 - 2d \cdot e)$   
 $A2 = -e / (1 - 2d \cdot e)$ である。

【0089】この(4)式の計算の結果は、次のように表すことができる。

【0090】

$$\begin{aligned}
 S''(i, j) &= S(i, j) \\
 &- A0 \cdot (\text{square}(d) \cdot S(i, j-2) \\
 &+ \text{square}(e) \cdot S(i, j+2))
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

ここで、 $\text{square}(d)$ 等は、 $d$ の2乗を表す。  
 【0091】(5)式に示したように、この式は目的ト

ラック $i$ だけが関与する式となっているので、(4)式の計算を行うことにより隣接するトラック $i-1$ および

$i+1$ からのクロストークを完全に削除できることが分かる。しかし、このままでは目的とする格子点 $(i, j)$ に対し格子点 $(i, j-2)$ 及び格子点 $(i, j+2)$ からの符号間干渉が問題となる。例えば、格子間隔 $T$ とトラックピッチ $T_p$ がスポット径の約50%の場合、 $b=d=e=g=0.2$ で、 $a=c=f=h=0.04$ 程度であり、符号間干渉は最大0.09程度となる。

$$\begin{aligned} S''(i, j) = & C0 \cdot S'(i, j) \\ & + C1 \cdot S'(i, j-2) \\ & + C2 \cdot S'(i, j+2) \\ & + C3 \cdot S'(i, j-4) \\ & + C4 \cdot S'(i, j+4) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{ここで、} B = & 1 / (1 - 3 \text{square}(d \cdot e) / (1 - 2d \cdot e)) \\ C0 = & B \cdot (1 - \text{square}(d \cdot e) / (1 - 2d \cdot e)) \\ C1 = & -B \cdot \text{square}(d) / (1 - 2d \cdot e) \\ C2 = & -B \cdot \text{square}(e) / (1 - 2d \cdot e) \\ C3 = & B \cdot \text{square}(\text{square}(d) / (1 - 2d \cdot e)) \\ C4 = & B \cdot \text{square}(\text{square}(e) / (1 - 2d \cdot e)) \end{aligned}$$

である。

【0094】この計算の結果は、次のように表すことが

$$\begin{aligned} S''(i, j) = & S(i, j) \\ & + D1 \cdot S(i, j-6) \\ & + D2 \cdot S(i, j+6) \end{aligned} \quad (7)$$

ここで、 $D1=B \cdot \text{cube}(C1)$ 、 $D2=B \cdot \text{cube}(C2)$ である。 $\text{cube}(C1)$ 等は、 $C1$ の3乗を表す。例えば、格子間隔 $T$ とトラックピッチ $T_p$ がスポット径の約50%の場合、 $b=d=e=g=0.2$ で、 $a=c=f=h=0.04$ 程度であり、符号間干渉は最大0.0002程度となる。

【0096】尚、タップ数が異なるトランスバーサル

$$\begin{aligned} S''(i, j) = & S'(i, j) \\ & + G1 \cdot S'(i, j-2) \\ & + G2 \cdot S'(i, j+2) \end{aligned} \quad (6a)$$

$$\begin{aligned} \text{ここで、} F = & 1 / (1 - 2 \text{square}(d \cdot e) / (1 - 2d \cdot e)) \\ G1 = & -F \cdot (\text{square}(d) / (1 - 2d \cdot e)) \\ G2 = & -F \cdot (\text{square}(e) / (1 - 2d \cdot e)) \end{aligned} \quad \text{である。}$$

【0098】

$$\begin{aligned} S''(i, j) = & Z0 \cdot S'(i, j) \\ & + Z1 \cdot S'(i, j-2) \\ & + Z2 \cdot S'(i, j+2) \\ & + Z3 \cdot S'(i, j-4) \\ & + Z4 \cdot S'(i, j+4) \\ & + Z5 \cdot S'(i, j-6) \\ & + Z6 \cdot S'(i, j+6) \end{aligned} \quad (6b)$$

$$\begin{aligned} \text{ここで、} Y = & 1 / (1 - 4C1 \cdot C2 + 2 \text{square}(C1) \cdot \text{square}(C2)) \\ Z0 = & Y \cdot (1 - 2C1 \cdot C2) \\ Z1 = & -Y \cdot (C1 \cdot (1 - C1 \cdot C2)) \\ Z2 = & -Y \cdot (C2 \cdot (1 - C1 \cdot C2)) \\ Z3 = & Y \cdot \text{square}(C1) \\ Z4 = & Y \cdot \text{square}(C2) \end{aligned}$$

0.04程度であり、符号間干渉は最大0.09程度となる。

【0092】そこで、符号間干渉を低減するために、例えば、5タップのトランスバーサルフィルタを用いる場合には、次の計算を行う。

【0093】

できる。

【0095】

フィルタを用いる場合には、タップ数に合わせて同様の計算を行えば良い。例えば、(6)式に対応する式は、3タップのトランスバーサルフィルタの場合は(6a)式、7タップのトランスバーサルフィルタの場合は(6b)式のようになる。

【0097】

$$\begin{aligned} Z5 = & -Y \cdot \text{cube}(C1) \\ Z6 = & -Y \cdot \text{cube}(C2) \end{aligned} \quad \text{である。}$$

【0099】図3に示した漏れ込み量 $a \sim h$ は、記録時のスポット形状、記録パワー、記録クロックタイミング、フォーカス、トラッキングの変動により記録マーク形状及び位置が変動したり、再生時の光スポット形状、

トラッキング、フォーカス、サンプリングクロックタイミングの変動により変化する。従って、本参考例ではこの漏れ込み量は実際の光学的情報記録再生装置に光学的情報記録媒体を装着した状態で測定する。但し、変動が少ない場合や無視できる程度の場合には、例えば、光学的情報記録装置の出荷時に予め実験的に測定して求めておいた等化係数を用いるようにしても良い。

【0100】実際の光学的情報記録再生装置に光学的情報記録媒体を装着した状態で測定するには、所定のマーク群、すなわちマーク列パターンを光学的記録媒体上の所定の位置に予め記録しておく。情報再生前にこのマーク列パターンを光スポットで再生し、再生信号を基に漏れ込み量を学習する。上述したように、 $a=b \cdot d$ 、 $c=b \cdot e$ 、 $f=g \cdot d$ 、 $h=g \cdot e$ が略成り立つので、

(4)式と(6)式の計算を行うことにより2次元的な漏れ込みを低減することができ、このとき、(4)式と(6)式を見れば明らかなように、各再生信号に掛ける等化係数は、 $d$ と $e$ のみの関数となる。従って、漏れ込み量としては $d$ と $e$ を学習すれば十分であり、この学習値を基に上記等化係数を算出すればよい。尚、(6a)式および(6b)式における等化係数も、漏れ込み量 $d$ と $e$ の関数であるから同様に行えることは勿論である。

【0101】以下、漏れ込み量 $d$ と $e$ を学習する方法について説明する。

【0102】まず、図2に示した等化係数学習領域の一例を用い、学習マークの記録方法について述べる。等化係数を学習するための学習マークは光スポット走査方向へ互いに干渉しない距離で配置する。トラック $i$ を偶数トラックとして具体的に説明すると、図2に示したように、例えば、偶数トラック $i$ では学習マーク155を格子点 $(i, p+5)$ に記録し、奇数トラック $i-1$ 及び $i+1$ では学習マーク154を格子点 $(i-1, p+2)$ 及び $(i+1, p+2)$ にそれぞれ記録すればよい。尚、ここで $p$ は学習領域のスタート位置を示す値である。

【0103】次に、漏れ込み量 $d$ と $e$ を学習する方法について、図2を用いて説明する。漏れ込み量 $d$ は、偶数トラック $i$ では等化係数学習マーク155が格子点

$(i, p+5)$ に記録されているので、格子点 $(i, p+6)$ で得られる再生信号 $S'(i, p+6)$ と、格子点 $(i, p+5)$ で得られる再生信号 $S'(i, p+5)$ の比、すなわち、 $S'(i, p+6)/S'(i, p+5)$ として求められる。また、奇数トラック $i-1$ では等化係数学習マーク154が格子点 $(i-1, p+2)$ に記録されているので、格子点 $(i-1, p+3)$ で得られる再生信号 $S'(i-1, p+3)$ と、格子点 $(i-1, p+2)$ で得られる再生信号 $S'(i-1, p+2)$ の比、すなわち、 $S'(i-1, p+3)/S'(i-1, p+2)$ として求められる。

【0104】一方、漏れ込み量 $e$ は、偶数トラック $i$ で

は等化係数学習マーク155が格子点 $(i, p+5)$ に記録されているので、格子点 $(i, p+4)$ で得られる再生信号 $S'(i, p+4)$ と、格子点 $(i, p+5)$ で得られる再生信号 $S'(i, p+5)$ の比、すなわち、 $S'(i, p+4)/S'(i, p+5)$ として求められる。また、奇数トラックでは等化係数学習マーク154が格子点 $(i-1, p+2)$ に記録されているので、格子点 $(i-1, p+1)$ で得られる再生信号 $S'(i-1, p+1)$ と、格子点 $(i-1, p+2)$ で得られる再生信号 $S'(i-1, p+2)$ の比、すなわち、 $S'(i-1, p+1)/S'(i-1, p+2)$ として求められる。上記等化係数は、この学習の結果得られる漏れ込み量 $d$ と $e$ から求めることができる。

【0105】そして、求めた等化係数を用いて再生信号を2次元等化信号処理することにより、隣接間マークからの信号漏れ込みをキャンセルし、マークの有無による情報を検出する。本発明に係る光学的情報記録再生方法では、情報マークを記録する格子点の位置を、隣接するトラック間で互いに半周期ずれるようにトラックごとに变化させ、再生時に問題となる隣接するトラック間のクロストーク量を小さくし、更に上記2次元等化信号処理により隣接するトラックからのクロストークを完全に削除すると共に、符号間干渉も低減することができる。

【0106】(3)光記録媒体への情報の記録と再生  
本参考例では、光記録媒体100は光磁気ディスクからなり、情報の記録時は、レーザ駆動回路119が、記録すべき情報の値1あるいは0に応じてレーザビームの強度を変調する。光記録媒体100は、図示しないスピンドルモータによって駆動される。光ヘッド102は、この変調されたレーザビームを光記録媒体100上に絞り込み、光スポット101を光磁気ディスク100に照射し、光磁気ディスク100内の、光スポットが照射された部分に、光スポット101の強度に応じた磁化の向きの変化を引き起こす。情報の再生時には、レーザ駆動回路119と光ヘッド102は、一定強度の光スポット101を光記録媒体100に照射する。光記録媒体100に照射された光スポット101に対する反射光の偏光角がこの磁化の向きの応じて変化する。光ヘッド102は、この再生光の偏光が特定の方向であるか否かに応じて大きさが変わる再生信号(以下、光磁気信号とも呼ぶ)104を生成する検出器(図示せず)と、この再生光の偏光によらないで、再生光の総光量を表す信号103を生成する検出器(図示せず)を有する。

【0107】(4)トラックピッチ $T_p$ 、スポットサイズ $W_s$ 、マークピッチ $M_p$

本参考例では、図2において、 $i$ 番目のトラックを再生する場合、後に詳しく述べる方法により、そのトラックのすぐ隣の $i-1$ 番目のトラック及び $i+1$ 番目のトラックからのクロストークを除去出来る。その方法が有効であるためには、それらより遠いトラックからのクロス

トラックが実質的に存在しないことが必要である。このために、本参考例では、トラックピッチ  $T_p$  は、光スポット 101 が  $i-2$  番目のトラック及び  $i+2$  番目のトラックの情報を再生しないような間隔にする。

【0108】スポット径  $W_s$  は、波長  $\lambda$  と絞り込みレンズの開口数  $NA$  とによって約  $\lambda/NA$  という値以上になり、情報マークの径  $W_m$  は十分な  $S/N$  の信号が得るのに必要な最小のマーク径以上である必要がある。

【0109】光スポット 101 が  $i$  番目のトラックを再生する場合に、光スポット 101 が  $i-2$  番目のトラック、及び  $i+2$  番目のトラックの情報を再生しないようなトラックピッチ  $T_p$  の最小値は、光スポットが  $i-2$  番目のトラック、及び  $i+2$  番目のトラック上の情報マークと接する場合のトラック間隔になり、 $(W_s + W_m)/4$  である。例えば、光源波長  $\lambda = 780\text{nm}$ 、絞り込みレンズの開口数  $NA = 0.55$ 、スポット径を  $1.42\mu\text{m}$ 、情報マーク径  $W_m = 0.5\mu\text{m}$  とすると、最小のトラックピッチは  $0.48\mu\text{m}$  となる。実際には、トラッキング時の位置ずれが発生すると考えると、最小のトラックピッチはこれより大きくする必要がある。

$$E = B \cdot \text{cube}(C1) + B \cdot \text{cube}(C2) \quad (8)$$

図4は、例えば、光源波長  $\lambda = 780\text{nm}$ 、絞り込みレンズの開口数  $NA = 0.55$ 、マーク径  $W = 0.5\mu\text{m}$ 、トラックピッチ  $T_p = 0.5\mu\text{m}$  において、マークピッチ  $M_p$  を変化させたときの(8)式の値をシミュレーションし、グラフ化したものである。このシミュレーションには、光回折と絞り込みレンズの開口数を考慮し、光ディスク再生過程のシミュレーションを行なうジャーナル オブオプティカル ソサエティー オブ アメリカ 69巻、1号(1979年1月)第4頁から第24頁に記載のホプキンスの回折計算を用いた。図4のグラフから、マークピッチ  $M_p = 0.88\mu\text{m}$  の場合に等化残りが信号成分に対して約  $-20\text{dB}$  となることが分かる。即ち、本参考例では、マークピッチ  $M_p$  がスポット径  $W_s$  の約  $60\%$  以上必要であることが分かる。

#### 【0113】(5) トラッキング

本参考例では、 $i$  番目のトラックを再生する場合、そのトラックのすぐ隣の  $i-1$  番目のトラック及び  $i+1$  番目のトラックからのクロストークを除去するのに、 $i$  番目のトラックを再生するのに使用するレーザビーム以外のレーザビームを使用する必要はない。従って、この結果、光ヘッド 102 の構造が簡単になる。この利点を生かすためには、トラッキングにも他のレーザビームを使用しないことが望ましい。このために、本参考例では、特願平 5-255354 明細書(これは後に特開平 7-110958 として公開された)あるいはそれに対応する米国出願番号 08/321619 号明細書に記載された技術を採用する。ここでは、これらに記載の技術を参照により組み込む。以下では、ごく簡単にこの技術を説明する。

ある。本参考例では、トラックピッチは、 $0.5\mu\text{m}$  とする。

【0110】次に、マークピッチについて説明する。マークピッチは、同じトラック上の隣接する情報マークを記録しうる格子点の間隔である。本参考例では、隣接するトラックからのクロストークを除去するために、本参考例での等化処理の原理で説明したところに従い、図2に示すように、同一のトラック上では、一つ置きの格子点に情報マークを記録可能であり、偶数番目のトラックと奇数番目のトラックでは、情報マークを記録可能な格子点を、トラック方向に沿って一つの格子点距離だけずらせている。従って、マークピッチ  $M_p$  は、格子点間距離の2倍となる。

【0111】上述したようにトラックピッチ  $T_p$  を  $(W_s + W_m)/4$  以上とし、二次元等化回路 114 において、後に記載する5タップのトランスバーサルフィルタを使用したときに、(4)式と(6)式の計算をした結果、信号に残留する漏れ込み成分の最大値は、(7)式より(8)式のように表すことができる。

#### 【0112】

【0114】図2に示すように、各セクタのサーボ領域 11 には、ANSI Doc. No. : X3B11/90-003-R1 記載の DBF 方式に従い、半径方向に間隔  $P$  で直線状に配置されたクロックマーク 153 が各トラックの 0 の位置に予め記録される。さらに、本参考例では、上記に参照した特許出願に記載の技術に従い、ウォブルマーク 151、152 をクロックマーク 153 に比べ半径方向に  $\pm P/4$  位相がずれて予め設けられる。本参考例では、この  $P$  はトラックピッチ  $T_p$  の2倍に等しいとする。なお、これらのマークに代わり、光記録媒体 100 にあらかじめビットが形成されてもよい。

【0115】情報の記録時あるいは再生時に、光スポット 101 がいずれかのセクタのクロックマーク 153 を通過すると、総光量信号 103 が変化する。同期信号発生器 105 内の PLL (Phase Locked Loop) (図示せず) はこの信号の変化に応答して、光スポットがクロックマーク 153 を通過した時刻に同期するサーボ信号検出用のクロック信号 106 及びサンプルホールド信号 107 を生成する。クロック信号 106 の周期は、光記録媒体 100 上で格子点間の距離を光スポットがトラック方向に移動するのに要する時間とする。

【0116】サンプルホールド信号 107 は、光スポットがクロックマーク 153 を通過した時刻から、そのが属するセクタの終端を通過するまでの間レベル  $H$  を持続し、その他ではレベル  $L$  を持続する信号である。同様に、光スポット 101 がウォブルマーク 151、152 を通過する時刻に同期して、サンプルホールド信号 108、109 を生成する。光スポット位置決め回路 110 は、サーボ信号検出用のクロック信号 106 及びサン

ルホールド信号107~109に基づいて総光量信号103から複数のトラッキングエラー信号と光スポットの位置を表すポジション信号を作り、これらの信号に基づきさらにアクチュエータ制御信号111を生成し、光ヘッド102のアクチュエータ（図示せず）のトラッキング動作を行う。この技術によれば、半径方向に間隔Pより小さい間隔たとえば $P/8$ で情報トラックが配置された場合でも、情報の再生あるいは記録再生を行うことが可能になる。尚、本参考例では、クロックマーク153の半径方向の周期Pが $1.0\mu\text{m}$ で、トラックピッチ $T_p$ が $P/2$ で、光スポットの位置決めもこのトラックピッチ $T_p$ の範囲で行われるとする。

#### 【0117】(6) 学習マークの記録

図7に示すように、等化係数学習回路121には、奇偶トラック識別回路201、学習マーク記録信号発生回路203、カウンタ364、学習マークゲート発生器365、等化係数算出回路206からなる。奇偶トラック識別回路201は、比較器210、アドレス領域認識回路367とトラックアドレス識別回路212からなる。

【0118】情報記録時においては、まず光ヘッド102が、各セクタの先頭部に設けてあるアドレス領域内のアドレスビット（図示せず）を検出する。アドレス領域認識回路367は、アドレスビットの検出信号を含む総光量信号103に基づいて光スポットがアドレス領域にあるか否かを認識し、光スポットがアドレス領域にあればレベルHとなり、それ以外ではレベルLを保持する。アドレスゲート信号368を出力する。アドレスゲート信号368がレベルHのとき、トラックアドレス識別回路212は比較器210によって2値化された総光量信号211に基づきトラックアドレスを認識し、光スポット101が偶数番トラックを走査しているのか、奇数番トラックを走査しているのかを識別し、その結果であるトラック識別結果信号202を出力する。具体的には、トラックアドレスの最下位ビットが0であるか1であるかを識別し、その最下位ビットが0か1かを出力する。この識別回路はトラック識別結果信号202を次のトラック識別が行われまで保持する。以下では、最下位ビットが0の場合を偶数番トラックとし、最下位ビットが1の場合を奇数番トラックとする。

【0119】カウンタ364は、サンプルホールド信号107がレベルLになるとリセットされて0となり、サンプルホールド信号107がレベルHになると同時にクロック信号106のカウンタを開始する。学習マークゲート発生器365は、カウンタ364の出力信号Q0~Qnに基づきカウンタ364の値が、等化係数学習領域13の先頭にある第1種の格子点を表すpの時に学習マーク記録トリガ366を発生する。学習マーク記録信号発生回路203は、トラック識別結果信号202、学習マーク記録トリガ366に基づき学習マーク154、155を記録するための学習マーク記録信号122を出力

する。

【0120】具体的には、奇数番トラックに対しては、等化係数学習領域13の先頭にある第1種の格子点pの次の第1種の格子点の番号、すなわち $p+2$ を示すときに、さらに、偶数番トラックに対してこのカウンタが、等化係数学習領域13の先頭にある第1種の格子点 $p+1$ の次の第1種の格子点の番号、すなわち $p+5$ を示すときに、それぞれパルスを出力する。この結果、学習マーク記録信号122は、走査中のトラックが偶数番トラックか奇数番トラックかに応じて異なるタイミングで出力されるパルス信号となる。

【0121】レーザ駆動回路119は、学習マーク記録信号122に同期して記録パルス120を光ヘッド102へ出力し、光ヘッド101は、光スポット101の強度を記録パルス120にしたがって変調する。その結果、図2に示したように、光記録媒体100上の等化係数学習領域13内には、トラックの番号が偶数であるか否かに応じて第1種格子点 $p+2$ または第1種格子点 $p+5$ に学習マーク154あるいは学習マーク155が記録される。

【0122】なお、学習マーク154と155は光スポット走査方向へ互いに干渉しない距離で配置する。すなわち、各学習マーク154あるいは155からの再生信号に対して、その学習マークが属するトラックの隣接トラック上の学習マークからのクロストークが生じない距離におく。本参考例では、3格子点距離にしている。例えば、スポット径 $W_s$ を $1.42\mu\text{m}$ 、トラックピッチ $T_p$ を $0.5\mu\text{m}$ 、マークピッチ $M_p$ を $0.88\mu\text{m}$ 、マーク径 $W$ を $0.5\mu\text{m}$ とした場合、図2における格子間隔 $T=M_p/2$ であるので、図2において例えば偶数番トラック2uでは、第1種格子点 $(2u, p+5)$ 上に情報記録マーク157と同形のマークを等化係数学習マーク155として記録し、例えば、奇数番トラック2u-1では、第1種格子点 $(2u-1, p+2)$ 上に情報記録マーク157と同形のマークを等化係数学習マーク154として記録すれば、学習マーク154と155間での干渉は生じなくなる。

#### 【0123】(7) ユーザデータの記録

ユーザデータは、上述した学習マークの記録が終了した後で記録される。図5(a)において、カウンタ361は、サンプルホールド信号107がレベルLになるとリセットされて0となり、サンプルホールド信号107がレベルHになると同時にクロック信号106のカウンタを開始する。記録領域ゲート発生器362は、カウンタ361の出力信号Q0~Qnに基づきカウンタ値qでレベルHとなり、データ記録領域の終了と同時にレベルLとなる記録領域ゲート信号363を発生する。

【0124】通倍回路354はクロック信号106の周期を2倍にした偶数クロック信号355と奇数クロック信号356を出力する。図5(b)に示したようにデー

タ記録領域 14 内の第 1 種格子点  $q+2$ 、 $q+4$ ……の位置に対応する時間で偶数クロック信号 355 の立ち上がりが同期し、第 1 種格子点  $q+1$ 、 $q+3$ 、 $q+5$ ……の位置に対応する時間で奇数クロック信号 356 の立ち上がりが同期する。セクタ 357 は奇偶トラック識別回路 201 の出力であるトラック識別結果信号 202 が "0" ならば偶数トラック信号 355 を記録再生クロック 358 として出力し、トラック識別結果信号 202 が "1" ならば奇数トラック信号 356 を記録再生クロック 358 として出力する。変調回路 204 は、記録領域ゲート信号がレベル H であれば動作し、記録すべきユーザデータ 117 を適当な符号化規則にしたがって変調し、セクタ 357 の出力である記録再生クロック信号 358 に依存して異なるタイミングで変調データ 118 を出力する。この変調データ 118 は、図 2 に示したように偶数番トラック、例えば、 $2u$  の場合には、データ記録領域 14 内の第 1 種格子点  $q+2$ 、 $q+4$ ……の位置に対応する時間で図有意となり、奇数番トラック  $2u-1$  の場合にはデータ記録領域内の第 1 種格子点  $q+1$ 、 $q+3$ 、 $q+5$ ……の位置に対応する時間で有意となる。

【0125】レーザ駆動回路 119 は変調データ 118 にしたがって、レーザビームの強度を変調し、光ヘッド 102 により、光記録媒体上のデータ記録領域 14 内の情報を書き込むべき一置きの格子点に情報記録マーク 157 を記録したりあるいは記録しないようにする。こうして、情報記録マーク 157 は、偶数番トラックの場合にはデータ記録領域内の第 1 種格子点  $q$ 、 $q+2$ 、 $q+4$ ……のいずれかもしくは全てに記録され、奇数番トラックの場合にはデータ記録領域内の第 1 種格子点  $q+1$ 、 $q+3$ 、 $q+5$ ……の位置のいずれかもしくは全てに記録される。

#### 【0126】(8) 情報再生時の前処理

前処理回路 112 は、光ヘッド 102 から与えられる光磁気信号 104 の内に含まれる、情報マークの有無に関係しない余分なオフセット成分を削減する。具体的には、光記録媒体 100 の情報マークが記録されていないオフセット検出領域 12 からの反射光レベルを検出し、その後検出される光磁気信号 104 からこの反射光レベルを減算する。図 6 を参照するに、前処理回路 112 はサンプルホールド回路 (S/H 回路) 221、オフセット量差分回路 223、アナログデジタル変換回路 (A/D 回路) 225、カウンタ 226、サンプルパルス発生器 227 から構成される。カウンタ 226 は、サンプルホールド信号 107 がレベル L になるとリセットされて 0 となり、サンプルホールド信号 107 がレベル H になると同時にクロック信号 106 のカウントを開始する。サンプルパルス発生器 227 は、カウンタ 226 の出力信号  $Q_0 \sim Q_n$  に基づきカウンタ値  $n$  の時にサンプルパルス 228 を発生する。S/H 回路 221 はサン

プルパルス 228 が入力されると同時に光磁気信号 104 のレベルをサンプルし、次のサンプルパルス 228 が入力されるまでサンプルレベル 222 をホールドする。このサンプルされたレベルは上記情報マークが記録されていないオフセット検出領域 12 からの反射光レベルである。オフセット量差分回路 223 は、光磁気信号 104 とサンプルレベル 222 のオフセット差分信号 224 を出力する。A/D 回路 225 はクロック信号 106 に基づきオフセット差分信号 224 をデジタル信号に変換し、デジタル差分信号 113 として出力する。

#### 【0127】(9) 等化係数の測定

等化係数学習回路 121 内の等化係数算出回路 206 は、2 次元的な漏れ込みを低減する最適な等化係数を求めるために用いられる。図 8 を参照するに、この回路は、漏れ込み量  $d$  を検出する回路 241 と漏れ込み量  $e$  を検出する回路 242 と、これらの検出回路により検出された漏れ込み量  $d$  と  $e$  とから、等化係数を算出するための演算回路 245 から 250、254 から 258 とからなる。

【0128】漏れ込み量検出回路 241 の概略構成を図 9 (a) に示した。カウンタ 268 は、サンプルホールド信号 107 がレベル L になるとリセットされて 0 となり、サンプルホールド信号 107 がレベル H になると同時にクロック信号 106 のカウントを開始する。サンプルパルス発生器 260 は、カウンタ 268 の出力信号  $Q_0 \sim Q_n$  に基づきサンプルパルス 261 と 262 を発生する。光スポット 101 が偶数番、たとえば、 $2u$  番のトラックを走査している場合、前記奇偶トラック識別回路 201 が発生するトラック識別結果信号 202 は "0" となる。このとき図 2 に示したように学習マーク 155 は第 1 種格子点 ( $2u$ ,  $p+5$ ) の位置に記録されており、サンプルパルス発生器 260 は第 1 種格子点 ( $2u$ ,  $p+6$ ) でサンプルパルス 261 を発生すると共に、第 1 種格子点 ( $2u$ ,  $p+5$ ) でサンプルパルス 262 を発生する (図 9 (b) 参照)。サンプルホールド回路 263 及び 264 は、各々サンプルパルス 261 及び 262 のパルス位置でデジタル差分信号 113 をサンプルし、格子点信号  $S'$  ( $2u$ ,  $p+6$ ) と格子点信号  $S'$  ( $2u$ ,  $p+5$ ) を得る。除算器 267 は、これら信号  $S'$  ( $2u$ ,  $p+5$ ) と信号  $S'$  ( $2u$ ,  $p+6$ ) の比 ( $S'$  ( $2u$ ,  $p+6$ ) /  $S'$  ( $2u$ ,  $p+5$ )) を、漏れ込み量  $d$  として出力する。一方、光スポット 101 が奇数番の、たとえば、 $2u-1$  のトラックを走査している場合、前記トラック識別結果信号 202 は "1" となる。このとき図 2 に示したように学習マーク 155 は第 1 種格子点 ( $2u-1$ ,  $p+2$ ) の位置に記録されており、サンプルパルス発生器 260 は第 1 種格子点 ( $2u-1$ ,  $p+3$ ) でサンプルパルス 261 を発生すると共に、第 1 種格子点 ( $2u-1$ ,  $p+2$ ) でサンプルパルス 262 を発生する (図 9 (b) 参照)。サ

ンプルホールド回路 263 及び 264 は、各々サンプルパルス 261 及び 262 のパルス位置でデジタル差分信号 113 をサンプルし、格子点信号  $S'(2u-1, p+3)$  と格子点信号  $S'(2u-1, p+2)$  を得る。除算器 267 は、これら信号  $S'(2u-1, p+3)$  と信号  $S'(2u-1, p+2)$  の比  $(S'(2u-1, p+3) / S'(2u-1, p+2))$  を、漏れ込み量  $d$  として出力する。

【0129】漏れ込み量検出回路 242 の概略構成も漏れ込み量検出回路 241 と同じく図 9 (a) で表される。以下では、図 9 (a) を利用して漏れ込み量検出回路 242 の概略構成と動作を説明する。漏れ込み量検出回路 242 と 241 の相違は、サンプルパルス発生器 260 が発生するサンプルパルス 261 と 262 のタイミングが異なる点にある。光スポット 101 が偶数番、たとえば、 $2u$  番のトラックを走査している場合、前記トラック識別結果信号 202 は“0”となる。このとき図 2 に示したように学習マーク 155 は第 1 種格子点  $(2u, p+5)$  の位置に記録されており、サンプルパルス発生器 260 は第 1 種格子点  $(2u, p+4)$  でサンプルパルス 261 を発生すると共に、第 1 種格子点  $(2u, p+5)$  でサンプルパルス 262 を発生する (図 9 (b) 参照)。サンプルホールド回路 263 及び 264 は、各々サンプルパルス 261 及び 262 のパルス位置でデジタル差分信号 113 をサンプルし、格子点信号  $S'(2u, p+4)$  と格子点信号  $S'(2u, p+5)$  を得る。除算器 267 は、これら信号  $S'(2u, p+4)$  と信号  $S'(2u, p+5)$  の比  $(S'(2u, p+4) / S'(2u, p+5))$  を、漏れ込み量  $e$  として出力する。一方、光スポット 101 が奇数番の、たとえば、 $2u-1$  のトラックを走査している場合、前記トラック識別結果信号 202 は“1”となる。このとき図 2 に示したように学習マーク 155 は第 1 種格子点  $(2u-1, p+2)$  の位置に記録されており、サンプルパルス発生器 260 は第 1 種格子点  $(2u-1, p+1)$  でサンプルパルス 261 を発生すると共に、第 1 種格子点  $(2u-1, p+2)$  でサンプルパルス 262 を発生する (図 9 (b) 参照)。サンプルホールド回路 263 及び 264 は、各々サンプルパルス 261 及び 262 のパルス位置でデジタル差分信号 113 をサンプルし、格子点信号  $S'(2u-1, p+1)$  と格子点信号  $S'(2u-1, p+2)$  を得る。除算器 267 は、これら信号  $S'(2u-1, p+1)$  と信号  $S'(2u-1, p+2)$  の比  $(S'(2u-1, p+1) / S'(2u-1, p+2))$  を、漏れ込み量  $e$  として出力する。

【0130】図 8 に示した演算回路 245～250 及び 254～258 は、上記検出回路 241, 242 によって求められた漏れ込み量  $d$  及び  $e$  に基づき等化時に用いる等化係数を算出する回路である。これらの内、演算回

路 245～247 は、光スポット 101 が走査中のトラックに隣接するトラックからのクロストークを再生信号から除去するための等化係数  $A0, A1, A2$  を (4) 式に従いそれぞれ算出する。演算回路 248～250 及び演算回路 254～258 は、上記計算された係数  $A0, A1, A2$  を用いてクロストークを除去した後の再生信号から、そのトラック上の符号間干渉をよる成分を除去するのに使用する等化係数  $C0$  から  $C4$  をそれぞれ (6) 式に従い算出する。

【0131】すなわち、演算回路 245 は、漏れ込み量  $d$  と漏れ込み量  $e$  に基づいて (4) 式に示した等化係数  $A0$  を算出する。演算回路 246 は、漏れ込み量  $d$  と漏れ込み量  $e$  に基づいて (4) 式に示した等化係数  $A1$  を算出する。さらに演算回路 247 は、漏れ込み量  $d$  と漏れ込み量  $e$  に基づいて (4) 式に示した等化係数  $A2$  を算出する。演算回路 248 は、漏れ込み量  $d$  と漏れ込み量  $e$  に基づいて (6) 式に示した等化係数  $C0$  を算出する。演算回路 249 は、漏れ込み量  $d$  と漏れ込み量  $e$  に基づいて (6) 式に示した等化係数  $C1$  を算出して出力する。演算回路 250 は、漏れ込み量  $d$  と漏れ込み量  $e$  に基づいて (6) 式に示した等化係数  $C2$  を算出する。演算回路 251 は、漏れ込み量  $d$  と漏れ込み量  $e$  に基づいて (6) 式に示した等化係数  $C3$  を算出する。演算回路 252 は、漏れ込み量  $d$  と漏れ込み量  $e$  に基づいて (6) 式に示した等化係数  $C4$  を算出する。

【0132】(10) 情報の再生  
情報再生時には、2 次元等化回路 114 は、前処理回路 112 から出力されるデジタル差分信号 113 に対して、2 次元的な漏れ込みを低減するための 2 次元等化処理を実行する。本参考例では、すでに述べた (4) 式と (6) 式の計算を行うことにより 2 次元的な漏れ込みを低減する。図 10 において、2 次元等化回路 114 は、等化回路 331 と 332 とからなり、等化回路 331 は、等化係数学習回路 121 から出力される等化係数  $A0 \sim A2$  に基づき、(4) 式に従って前処理回路 112 から供給されるデジタル差分信号 113 に含まれるクロストークを低減し、クロストーク削減信号 321 を出力する。等化回路 332 は、等化係数学習回路 121 から出力される等化係数  $C0 \sim C4$  に基づき、(6) 式に従ってクロストーク削減信号 321 に含まれる符号間干渉成分を低減し、等化後信号 115 を出力する。

【0133】等化回路 331 は、遅延回路 270, 271 と、利得調整回路 280～282 と、加算器 290, 291 とで構成された 3 タップのトランスバーサルフィルタである。

【0134】遅延回路 270 と 271 は、クロック信号 106 で制御され、デジタル差分信号 113 を格子間隔  $T$  を光スポットが走査するのに要する時間  $D$  だけ遅延させて遅延信号 300 と 301 を生成する。利得調整回路 280 は、デジタル差分信号 113 と等化係数  $A2$



を掛け合わせた利得調整信号 310 を出力する。利得調整回路 281 は遅延信号 300 と等化係数 A0 を掛け合わせた利得調整信号 311 を出力し、利得調整回路 282 は遅延信号 301 と等化係数 A1 を掛け合わせた利得調整信号 312 を出力する。利得調整信号 310 ~ 312 は加算器 290 と 291 により加算された後、クロストーク削減信号 321 として出力される。こうして、このクロストーク削減信号 321 は、式 (4) に示す信号  $S''(i, j)$  となり、隣接トラックからのクロストークが低減された信号となる。

【0135】しかし、この信号 321 は、このままでは目的とする格子点  $(i, j)$  に対して、格子点  $(i, j-2)$  及び格子点  $(i, j+2)$  からの符号間干渉を含む。等化回路 332 は、この符号間干渉を低減するために (6) 式の計算を行う。すなわち、等化回路 332 では、4 段の遅延回路 272 ~ 275 がクロック信号 106 で制御され、クロストーク削減信号を時間 2D 遅延させ、遅延信号 302 ~ 305 を生成する。利得調整回路 283 は、クロストーク削減信号 321 と等化係数 C4 を掛け合わせた利得調整信号 313 を出力する。同様に、利得調整回路 284 ~ 287 は、遅延信号 302 ~ 305 と等化係数 C2, C0, C1, C3 を各々掛け合わせた利得調整信号 314 ~ 317 を出力する。利得調整信号 313 ~ 317 は加算器 292 ~ 295 により加算された後、等化後信号 115 として出力される。この等化後信号 115 は、式 (6) が示す信号  $S'''(i, j)$  となり、隣接トラックからのクロストークと走査中のトラックからの符号間干渉が低減された信号となる。

【0136】データ制御回路 116 はこの等化後信号 115 を復調して記録されたデータを再生する。すなわち、図 5 (a) を参照するに、データ制御回路 116 では 2 次元等化回路 114 から供給される等化後信号 115 をしきい値信号 351 に基づいて比較器 350 が 2 値化する。

【0137】通倍回路 354 はクロック信号 106 を通倍し、格子点  $q+2, q+4, \dots$  に信号の立ち上がりが同期した偶数トラック信号 355 と、格子点  $q+1, q+3, \dots$  に信号の立ち上がりが同期した奇数トラック信号 356 を生成する (図 5 (b) 参照)。光スポット 101 が偶数番トラックを走査している場合、情報はデータ記録領域 14 内の格子点  $q+2, q+4, \dots$  の位置に記録されている。このとき、前記トラック識別結果信号 202 は "0" となり、セクタ 357 は偶数クロック信号 355 を選択し、記録再生クロック信号 358 として出力する。ラッチ回路 353 は記録再生クロック信号 358 の立ち上がりと同時に入力 352 をラッチするので、比較結果 352 に含まれる格子点  $q+2, q+4, \dots$  位置のデータを採取でき、その結果をラッチ結果 359 として出力する。

【0138】一方、光スポット 101 が奇数番トラック

を走査している場合、情報はデータ記録領域 14 内の格子点  $q+1, q+3, \dots$  の位置に記録されている。このとき、前記トラック識別結果信号 202 は "1" となり、セクタ 357 は奇数トラック信号 356 を選択し、記録再生クロック信号 358 として出力する。ラッチ回路 353 は記録再生クロック信号 358 の立ち上がりと同時に入力 352 をラッチするので、比較結果 352 に含まれる格子点  $q+1, q+3, \dots$  位置のデータを採取でき、その結果をラッチ結果 359 として出力する。上記のようにして得られたラッチ結果 359 は、記録時の符号化則に基づきデータを復調する復調回路 360 で復調され、データ 117 が得られる。復調回路 360 は記録領域ゲート信号 363 がレベル H のときに動作する。

【0139】このように、本参考例では、一つのレーザビームを用いて、クロストークも、符号間干渉も除去できる。しかも、2 次元等化回路 114 は、トランスバースルフィルタを 2 個直列に配置した簡易な構成の等化回路であり、さらに、図 8 に示した等化係数算出回路 206 に関して説明したように、等化係数も簡易な演算回路により算出できるので、従来の最小自乗誤差法を用いて等化係数を求める場合に比べて短時間で済み、ランダムアクセスにも高速に対応することが可能となる。

【0140】なお、前述した特開平 2-257474 号公報に開示される従来技術によれば、次の問題点もある。

【0141】(1) 光スポットは 1 つで良いが、最低 2 つのトラックの情報を一旦メモリに記憶する必要があるため、隣接するトラックからのクロストークや符号間干渉を低減するためには、最低でもディスクが 2 回転した後でないと再生信号を得ることができない。

【0142】(2) 変動要因が生じた場合の等化係数を適応的に求める適応アルゴリズムとして、一般的に広く用いられている最小自乗誤差法を適用しているため、最適な等化係数を発見するまでに数百ミリ秒もの時間がかかり高速なランダムアクセスが実現できない上に、レンズ系の非対称な収差 (コマ収差) やディスクの反りなどがある場合にはその影響を排除できない。

【0143】また、前述の特開平 5-205280 号公報に開示される従来技術には、次の問題点もある。

【0144】(3) 学習マークを用いて隣接するトラックからのクロストーク量を検出することができるけれども、目的トラック上の符号間干渉を検出することができない。

【0145】しかし、本参考例の方法は、このような問題点を有しない。

【0146】＜参考例 2＞本参考例では、参考例 1 のように各トラックの各セクタに等化係数学習領域を用いて等化係数を検出するのではなく、それぞれ複数のトラックに共通に使用するための複数の等化係数学習トラック

を用いて等化係数を検出する。

【0147】すなわち、図11(a)に示すように、光記録媒体100上にはデータ記憶トラック領域502a、502b、502cと、等化係数を学習するための等化係数学習トラック領域501a、501b、501cを設ける。等化係数学習トラック501a、501b、501cはそれぞれデータ記録トラック領域502a、502b、502cに対応して、かつ、それらのトラック領域の外側に設けられ、それぞれデータ記録トラック領域502a、502b、502cにデータを記録するときおよびそれぞれからデータを再生するときに使用される。この結果、この記録媒体100の各セクタには、図11(b)に示すように、等化係数学習用もしくはデータ記録用に使用される領域15が含まれ、図2に示した等化係数学習領域14は存在しない。

【0148】等化係数学習用トラック領域、たとえば、501bは、一定本数のトラックからなり、その中心のトラックの各セクタの等化係数学習用又はデータ記録用の領域15の先端の第1種格子点pの次の第1種格子点p+2からそのセクタの終端までの間に、学習マーク158が、一定間隔で記録される。この間隔は、隣接する学習マーク間の干渉が無視できるように選ぶ。本参考例では、この間隔は、6格子点間距離である。等化係数学習用トラック領域内の他のトラックには、これらの学習マークは記録されない。これらの他のトラックは、学習マーク158に対して、近傍のデータ記録用のトラックから上記中心のトラックへのクロストークが無視できるようにするためのダミーのトラックである。本参考例では、各等化係数学習用トラック領域に合計4本のダミートラックを有する。

【0149】全ての等化係数学習用トラック領域に対してこれらの学習マークが情報マークの記録前に記録される。このために、図1に示した、光スポット位置決め回路110は上位制御回路(図示せず)からの学習実行信号550にตอบสนองして、光スポット101を、等化係数学習トラック領域501a、501b、501cの一つの中心のトラックに位置決めするように構成される。さらに、図7に示した等化係数学習回路121内の学習マーク発生回路203は、図11(b)に示したように、そのトラック上に一連の学習マーク158を記録するように構成される。本参考例では、学習マークを記録する格子点は、全ての等化係数学習用トラック領域に対して同じである。従って、この学習マーク発生回路203は、図7の奇偶トラック識別回路201の識別結果には応答しない。このような学習マークの記録は、他の全ての等化係数学習用トラック領域に対して繰り返す。

【0150】等化係数学習マーク158の記録が終了すると、等化係数学習マーク158をスポット101で再生して等化係数の学習を行う。

【0151】各データトラック領域ごとの等化係数学習

マーク158の書き込みは、未記録ディスクが挿入された場合に初期化作業と共に進行。等化係数の学習は、ディスク挿入時にデータの読み出し前に行われる。

【0152】本参考例では、参考例1と異なり、いずれかの等化係数学習用トラック領域の中心のトラックの各セクタに複数の学習マークが記録されているので、図8に示した漏れ込み量検出回路241、242は以下のようにして漏れ込み量dとeを検出するように構成される。すなわち、同一トラック上のいずれかのセクタについて、それぞれ学習マーク158が記録されている第1種格子点(i, p+2)、(i, p+8)、(i, p+14)、...に対するデジタル差分信号113を平均して、平均化格子点信号M'(i, p+2)を計算する。さらに、それらの第1種格子点の直後の第2種格子点(i, p+3)、(i, p+9)、(i, p+15)、...に対するデジタル差分信号113を平均して、平均化格子点信号M'(i, p+3)を計算する。漏れ込み量検出回路241は、信号M'(i, p+2)と信号M'(i, p+3)の比M'((i, p+3)/M'(i, p+2))を計算し、そのセクタに対する漏れ込み量を得る。この計算を全セクタに対して行い、各セクタに対して得られる漏れ込み量の平均を、その等化係数学習用トラック領域の漏れ込み量dとして得る。

【0153】同様に、各セクタのそれらの第1種格子点の直前の第2種格子点(i, p+1)、(i, p+7)、(i, p+13)、...に対するデジタル差分信号113を平均して、平均化格子点信号M'(i, p+1)を計算する。漏れ込み量検出回路242は、信号M'(i, p+1)と信号M'(i, p+2)の比M'((i, p+1)/M'(i, p+2))をそのセクタの漏れ込み量として得る。その後全てのセクタに関して得られる漏れ込み量の平均を、その等化係数学習用トラック領域の漏れ込み量eとして得る。

【0154】このようにして得られた漏れ込み量d、eから、参考例1と同じ方法で等化係数を算出できる。上記等化係数の学習は、各等化係数学習トラック501a~501cに対して行い、各等化係数学習トラック領域に対応して、得られた等化係数を記憶する。情報の記録再生は上述した等化係数の学習が終了した後で行われる。いずれかのデータトラック領域内のトラックをデータ再生のためにアクセスするときには、そのデータトラック領域に対応する等化係数学習トラック領域に対して算出された等化係数を利用する。この参考例2の方法では、各トラックに学習マークを記録しないので等化係数学習領域を小さくすることができ、その分データの記録密度を向上することができる。

【0155】<参考例1、2の変形例>

(1) 参考例1で使用した(6)式の代わりに、(6a)式または(6b)式を使用する場合には、図8の演算回路248から250、254から258を、漏れ込

み量検出回路 241, 242 の出力信号から、それぞれ (6a) 式または (6b) 式に示した等化係数  $G_1 \sim G_2$  および等化係数  $Y$  と  $Z_0 \sim Z_6$  を求めるように構成すればよい。このとき、図 10 の等化回路 332 をそれぞれ 3 タップのトランスバーサルフィルタまたは 7 タップのトランスバーサルフィルタで構成すればよい。この技術は参考例 2 でも使用出来る。

【0156】(2) 参考例 1、2 では、光スポット 101 がオフセット量を検出する際にオフセット量検出領域 12 内の一つの格子点での反射光の強度を検出してオフセットとして使用したが、オフセット量検出領域 12 内の複数の格子点での反射光の強度を検出して、それらの格子点での検出値の平均値をオフセット量とすることも出来る。この方法では、オフセット量の検出精度を向上することができる。

【0157】(3) 参考例 1 及び 2 では、光学的記録媒体に光磁気ディスクを用いたが、本発明による光学的情報再生方法は記録媒体を問わない。例えば、追記媒体、相変化媒体、あるいは ROM 媒体でも構わない。これらの媒体では情報マークの再生信号は総光量信号により与えられるので、上記参考例 1 または 2 に記載の光学的情報記録再生装置において、光磁気信号を総光量信号で置き換えればよい。ROM 媒体のマーク径は、上記参考例 1 および 2 で述べた値と少々異なり、以下のように定める。図 12 は、ROM 媒体のマーク径  $W$  に対する規格化変調度  $O-p$  の関係をシミュレーションした結果である。このグラフからマーク径  $W$  が光スポット径  $W_s$  ( $= \lambda/NA$ ) に対して、55% の場合に最大変調度が得られることが分かる。しかし、本発明に係る光学的情報記録再生方法により ROM 媒体を再生する場合、隣接トラックからのクロストークで 0~100% の変調度のうち約 40% の変調度が使われてしまうため、孤立信号の変調度は約 60% でなければならない。また、孤立信号の  $S/N$  を確保するためには変調度を約 40% 以上にする必要がある。このことから、孤立信号の変調度は 40%~60% である必要があり、マーク径  $W$  は光スポット径  $W_s$  に対して 25%~40% となる。

【0158】(4) 参考例 1 と 2 では、漏れ量の検出とクロストークの除去に使用された中間点は、同じトラック上の二つの情報記録用格子点の中心にちょうど位置している。このことは、クロストークの効果的な除去の観点からは望ましいが、しかし、この中心から少しずれた中間点も必要に応じて使用することが出来る。このことはすでに述べたいくつかの発明の実施の形態および後述する他の参考例においても同じである。

【0159】<参考例 3> 参考例 1、2 では、レーザ光の強度を変調して光記録媒体上に情報を記録する光変調方式を採用したが、本参考例では、磁界変調方式による情報記録を利用する。

【0160】磁界変調方式は、光ビームの強度を変調す

るのではなく、磁界を変調することにより情報マークを光記録媒体上に記録する。このため、本参考例では、参考例 1 の光ディスク装置に、磁界駆動用の回路と磁界発生用のコイルを追加する。図 18 は、参考例 1 の装置において、磁界変調方式により光記録媒体に記録された情報を示す。光変調方式で記録された情報マークは、図 2 に示したように略円形となるが、磁界変調方式を用いて記録された情報マークは、矢羽根形となる。

【0161】なお、本参考例は、参考例 2 で述べたような、等化係数学習用のトラックを設けて記録再生時の前に予め等化係数を求めておく場合についても、同様に適用できる。

【0162】本参考例の磁界変調方式に代えて、光磁界変調方式による情報記録を利用することもできる。光磁界変調方式は、光ビームの強度を変調すると共に磁界も同期させて変調することにより情報マークを光記録媒体上に記録する。

【0163】<参考例 4> 実施の形態 1 では、情報マークを記録する位置と情報記録用格子点との間の位置ずれを、記録すべき情報に応じて変化させるという多値位相記録を行った。実施の形態 2 では、各情報記録用格子点に、記録すべき情報に依存したレベルを有する、多値レベルを取りうる信号を表す情報マークを記録するように多値記録を行うとともに、実施の形態 1 と同様の多値位相記録を行った。本参考例は、実施の形態 2 の多値レベル記録を行うが、多値位相記録を行わない場合に、参考例 1 に記載の 2 次元等化回路および等化係数学習回路を実施の形態 2 と同様に使用するものである。

【0164】すなわち、各情報記録格子点に記録する情報マークを記録すべき情報に応じて変化させるが、情報マークの記録位置は、情報記録用格子点からはずらさない。このためには、実施の形態 2 と異なり、ユーザデータを複数の 2 ビット部分に区分し、この 2 ビット部分の値に応じて印可する磁界の強度を変えるようにする。すなわち、図 19 において、後 2 ビットが "01" あるいは "11" のときの前 2 ビットと多値レベルの関係を使用する。本参考例でも、隣接する一つのトラックからの、その情報マークへのクロストーク成分を除去するのに、実施の形態 2 に記載したのと同じ 2 次元等化回路および等化係数学習回路を使用する。

【0165】以上、本発明の好適な実施の形態について説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されることなく、本発明の精神を逸脱しない範囲内において種々の設計変更をなし得ることは勿論である。

【0166】

【発明の効果】本発明によれば、多値情報を表し、多値の位相で記録された情報マークを精度よく再生できる。

【0167】さらに、本発明の望ましい実施の形態によれば、多値情報を表し、多値の位相と多値レベルで記録された情報マークを精度よく再生できる。

【0168】本願の他の望ましい実施の形態によれば、少ない数の記録層を有する記録媒体を使用して、多値の位相と多値レベルで記録された情報マークを精度よく再生できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のいくつかの実施の形態で使用する技術を説明するための参考例としての光学的情報記録再生装置の概略構成図。

【図2】図1の装置に使用される光学的情報記録媒体上の記録情報を示す図。

【図3】図1の装置における漏れ込み量を説明するための図。

【図4】図1の装置におけるマークピッチと等化残りの関係のシミュレーション結果を示す図。

【図5】(a)は図1の装置に使用されるデータ制御回路(116)の概略構成を示す図。(b)は、図5(a)の回路で使用される複数のクロック信号のタイムチャート。

【図6】図1の装置に使用される前処理回路(112)の概略構成図。

【図7】図1の装置に使用される等化係数学習回路(121)の概略構成図。

【図8】図7の回路に使用される等化係数算出回路(206)の概略構成図。

【図9】(a)は図8の回路に使用される漏れ込み量検出回路(241)の概略構成図。(b)は、図8の回路および図7の回路に含まれた漏れ込み量検出回路(242)で使用される複数の信号のタイムチャート。

【図10】図1の装置に使用される2次元等価回路(114)の概略構成図。

【図11】(a)は、本発明の他の参考例としての光学的情報記録再生装置で用いる光学的情報記録媒体に記録される異なる種類のトラックを示す図。(b)は、図11(a)の光学的情報記録媒体に記録される情報を示す図。

【図12】図1の装置で光学的情報記録媒体としてROM媒体を使用した場合の、マーク径と変調度の関係のシミュレーション結果を示す図。

【図13】本発明に係る光学的情報記録再生装置で使用するデータ記憶領域に記録された複数の情報マークの記録位置を説明する図である。

【図14】図13に示された情報マークに関連して、記録されるべき情報とその情報に対する情報マークの記録位置との関係を示す図。

【図15】(a)は、いろいろの情報記録用格子点に記録可能な複数の情報マークを重畳して示す図。(b)は、図15(a)の一つの情報記録用格子点に記録可能な複数の情報マークに対する再生信号の波形を示す図。

(c)は、図15(b)に示された複数の再生信号を差分して得られる信号を示す図。

【図16】図13に示された複数の情報マークを記録するための回路の概略ブロック図。

【図17】図13に示された複数の情報マークを再生するための回路の概略ブロック図。

【図18】(a)は、本発明に係る他の光学的情報記録再生装置により記録される複数の情報マークを説明するための図。(b)は、図18(a)の一つの情報記録用格子点に記録可能な複数の情報マークに対する再生信号の波形を示す図。(c)は、図18(b)に示された複数の再生信号を差分して得られる信号を示す図。

【図19】図18に示された情報マークに関連して、記録されるべき情報と情報マークに記録されるべき信号の多値レベルと情報マークの記録位置との関係を示す図。

【図20】図19に示された関係でもって記録される情報マークに対するアイパターンを示す図。

【図21】(a)図18で示された情報マークの記録に使用する多値記録媒体の概略的な構造を示す図。

(b)図21(a)で示された多値記録媒体内の二つの記録層に形成される磁化領域が有する磁気モーメントと磁界との関係を示す図。

(c)図21(a)で示された多値記録媒体に対して印加された外部磁界と記録された情報に対する再生信号のレベルを示す図。

【図22】図21(a)に示された多値記録媒体に直流バイアスを有しない外部磁場を印加したときにこの記録媒体内の第1、第2の記録層から再生される信号のレベルと外部磁界との関係を示す図。

【図23】図21(a)に示された多値記録媒体に印加する外部磁場と、この記録媒体内の第1、第2の記録層からの再生信号との関係を示す図。

【図24】図21(a)に示した多値記録媒体に対する情報記録回路の概略ブロック図。

【図25】図24の回路内の多値レベル発生回路(710)の概略ブロック図。

【図26】図24の回路で使用されるいくつかの信号のタイミングチャート。

【図27】図24の回路で使用される他のいくつかの信号のタイミングチャート。

【図28】図21(a)に示した多値記録媒体に対する情報再生回路の概略ブロック図。

【図29】図21(a)に示された多値記録媒体に直流バイアスを有する外部磁場を印加したときにこの記録媒体内の第1、第2の記録層から再生される信号のレベルと外部磁界との関係を示す図。

【符号の説明】

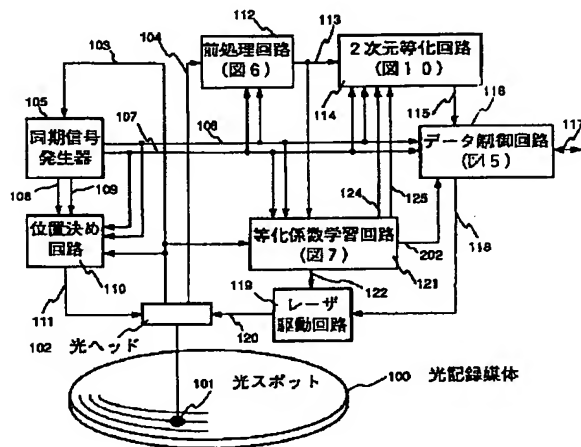
103…総光量信号、104…光磁気信号、106…クロック信号、107…クロックマーク用サンプルホールド信号、108、109…ウォブルマーク用サンプルホールド信号、111…アクチュエータ制御信号、113…デジタル差分信号、115…等化後信号、117…

ユーザデータ、118…変調データ、120…記録パルス、122…学習マーク記録信号、150…情報記録用格子点、151、152…ウォブルマーク、153…クロックマーク、154、155…等化係数学習用マーク、156…トラック、157…情報マーク、202…

トラック識別結果信号、222…サンプルレベル、321…クロストーク削減信号、501a~501c…等化係数学習トラック、502a~502c…データ記憶領域、550…学習実行信号、600…基準記録マーク、610~614、810~814…零クロス点。

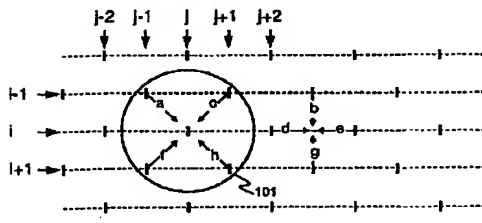
【図1】

(図1)



【図3】

(図3)



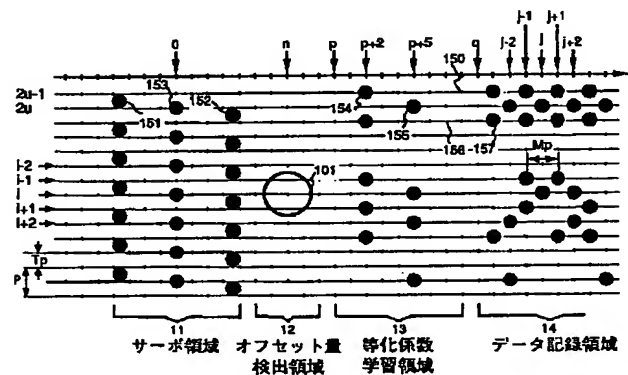
【図14】

図14

記録情報	00	01	10	11
位置ずれ量	$-2\Delta$	$-\Delta$	$+\Delta$	$+2\Delta$

【図2】

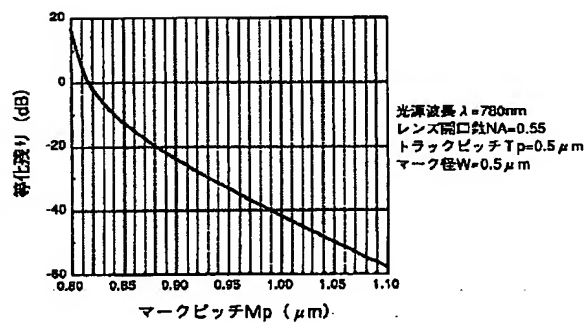
(図2)



スポット走査方向

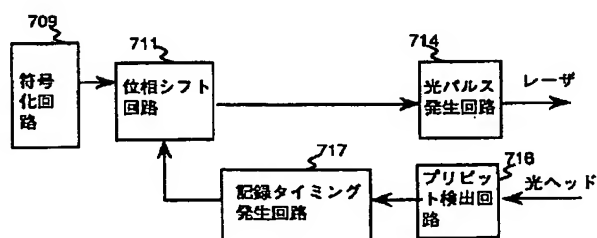
【図4】

(図4)



【図16】

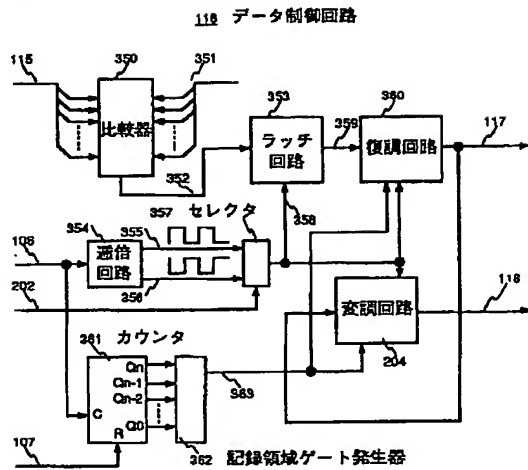
図16



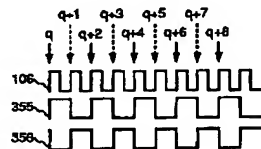
【図 5】

(図 5)

(a)

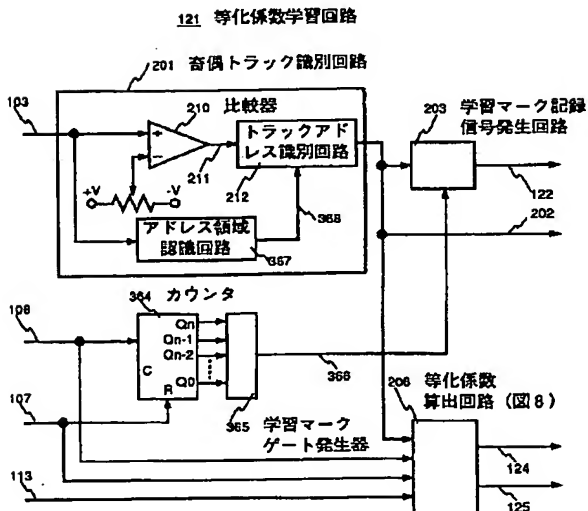


(b)



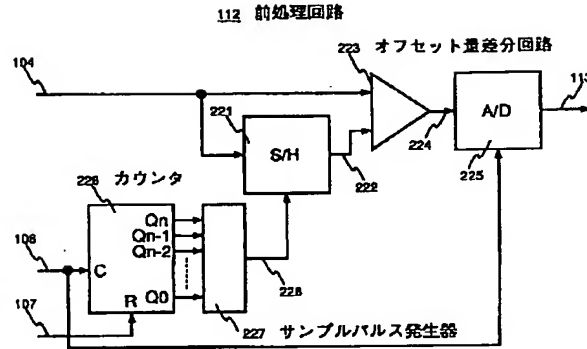
【図 7】

(図 7)



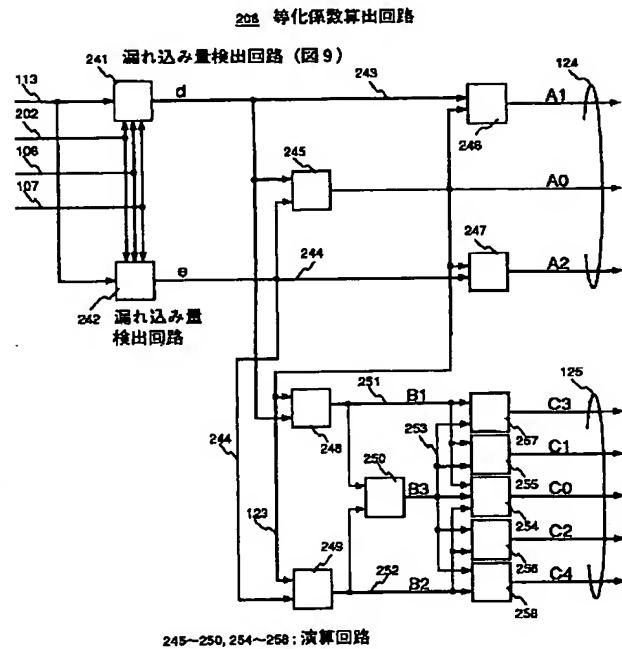
【図 6】

(図 6)



【図 8】

(図 8)



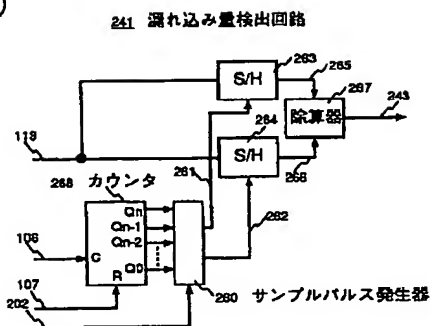
【図 9】

【図 10】

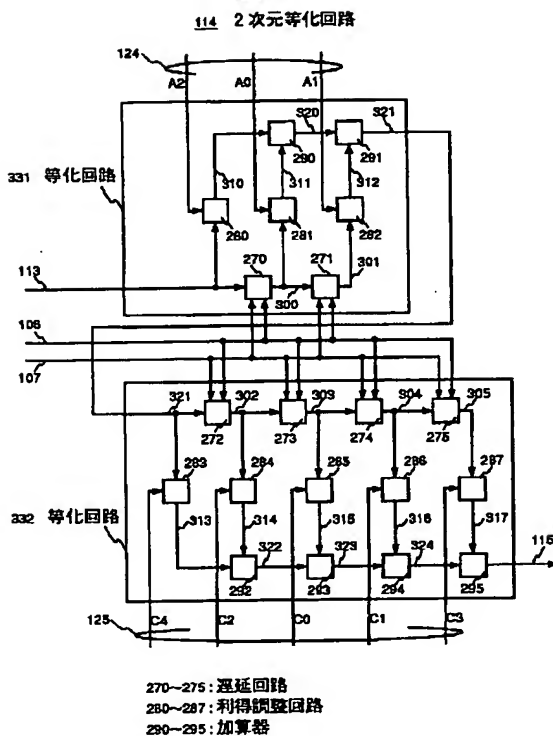
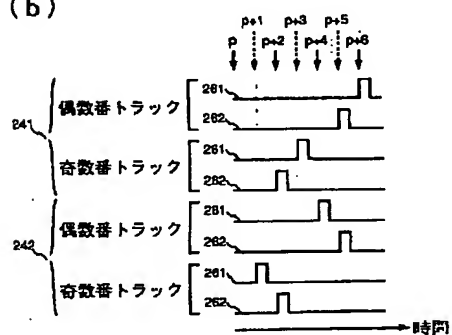
(図 9)

(図 10)

(a)



(b)

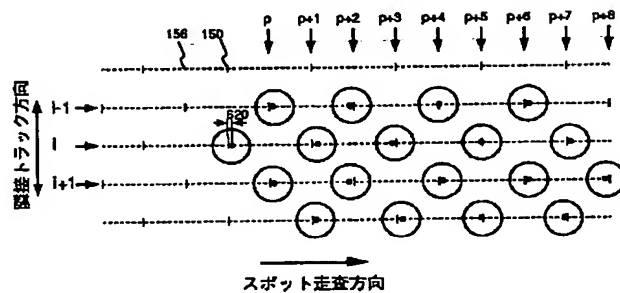
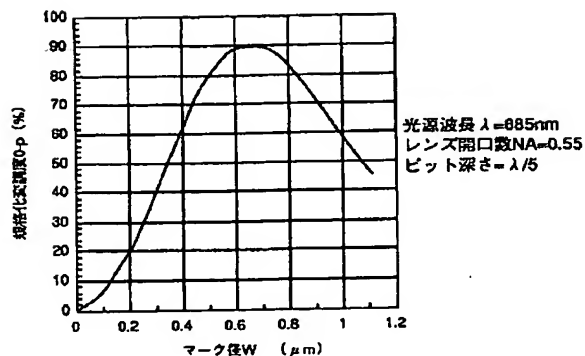


【図 12】

【図 13】

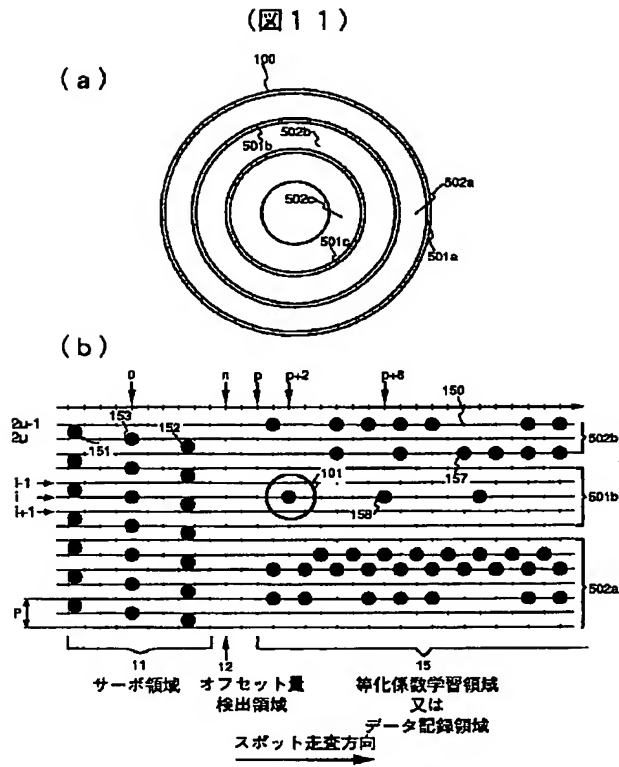
(図 12)

図 13



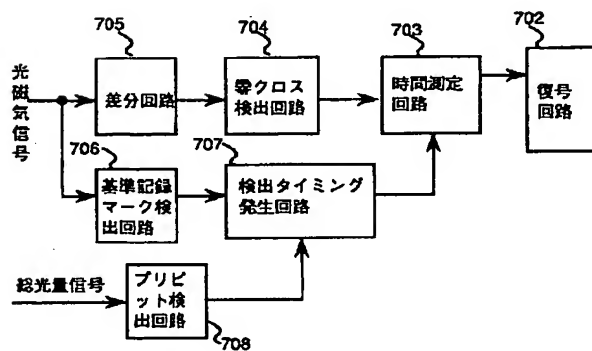


【图 1-1】



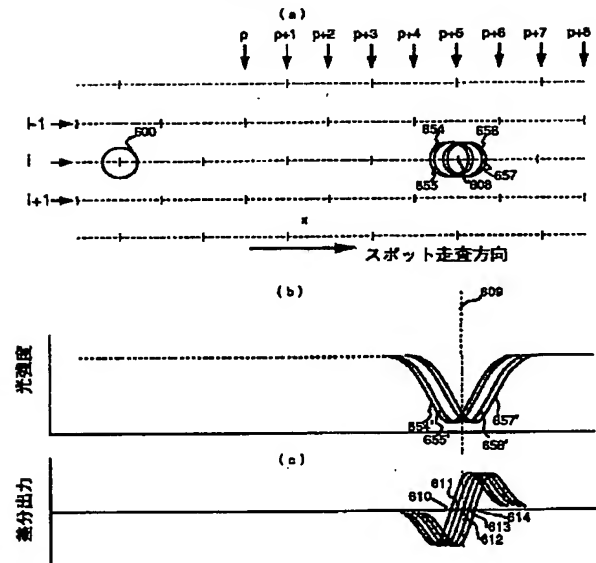
【圖 17】

图 17



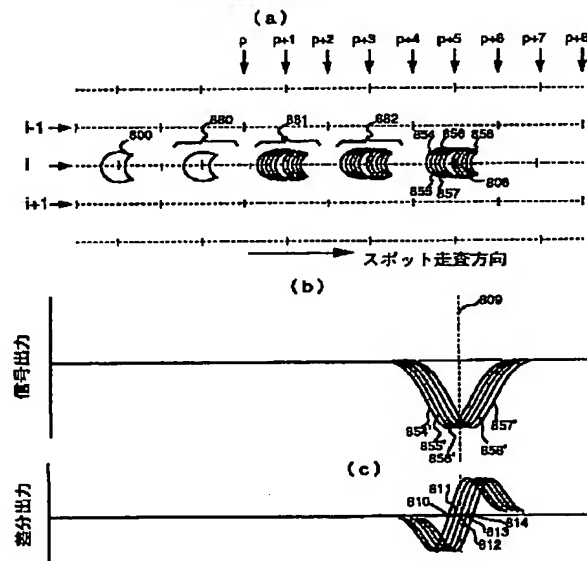
【图 15】

图 15



【图 18】

图 18



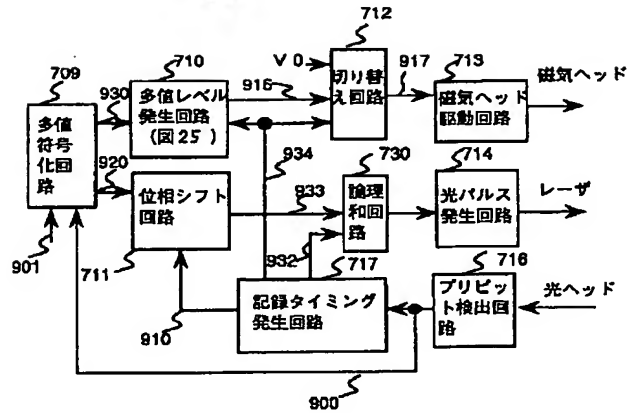
【図19】

図19

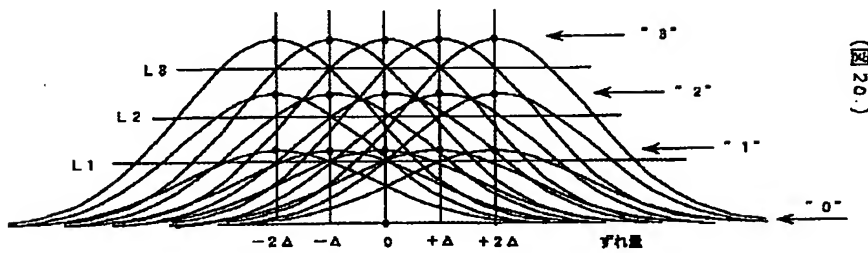
記録情報 2ビット	2ビット	00	01	10	11
00	位置ずれ量 多値レベル	$-2\Delta$ "1"	$-\Delta$ "1"	$+\Delta$ "1"	$+2\Delta$ "1"
01	位置ずれ量 多値レベル	0 "1"	0 "0"	0 "3"	0 "2"
10	位置ずれ量 多値レベル	$-2\Delta$ "3"	$-\Delta$ "3"	$+\Delta$ "3"	$+2\Delta$ "3"
11	位置ずれ量 多値レベル	$-2\Delta$ "2"	$-\Delta$ "2"	$+\Delta$ "2"	$+2\Delta$ "2"

【図24】

図24



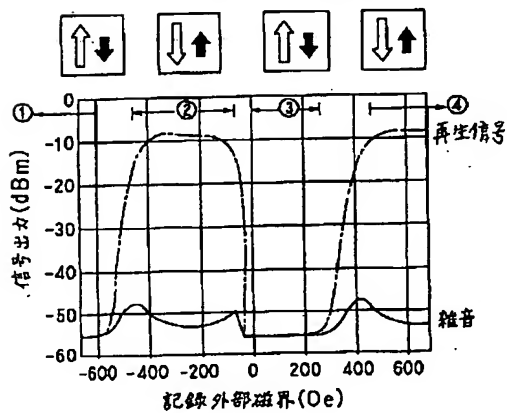
【図20】



【図22】

図22

白矢印: 希土類元素の磁気モーメント  
黒矢印: 遷移金属の磁気モーメント



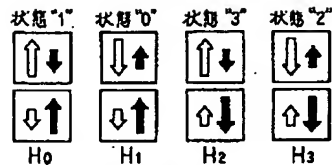
【図 21】

図 21

(a)

保護膜
反射膜
第3エンハンス膜
第2記録層B
第2エンハンス膜
第1記録層A
第1エンハンス膜
基板

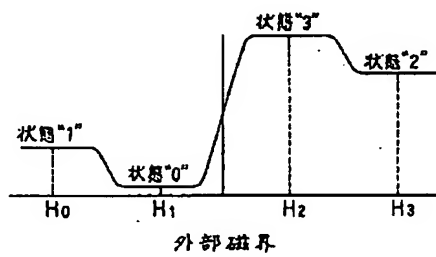
(b)



白矢印: 希土類元素の磁気モーメント  
 黒矢印: 遷移金属の磁気モーメント

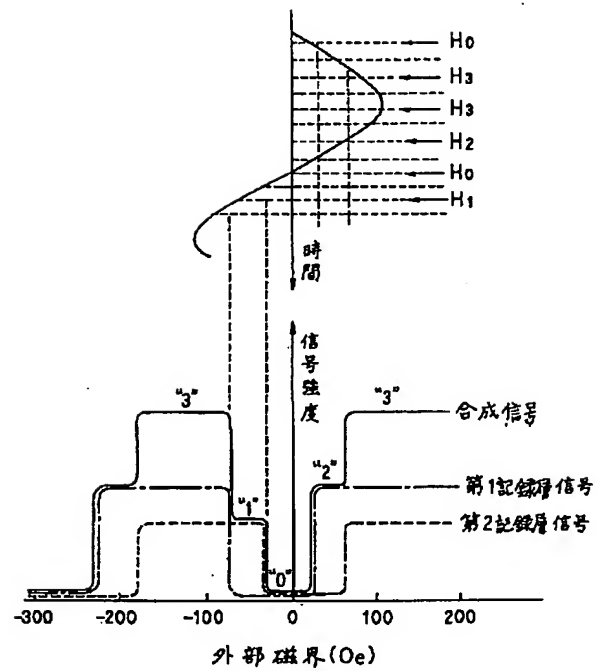
(c)

相対信号出力

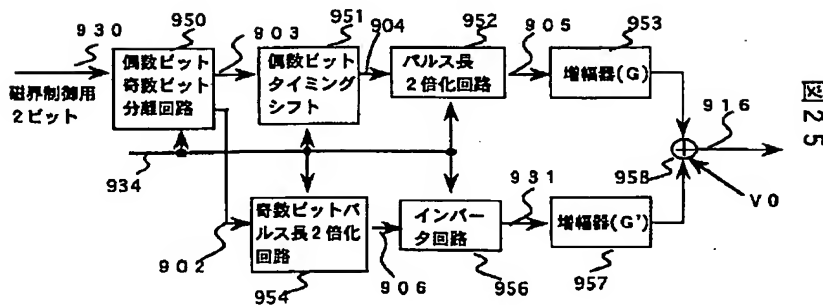


【図 23】

図 23



【図 25】



【図26】

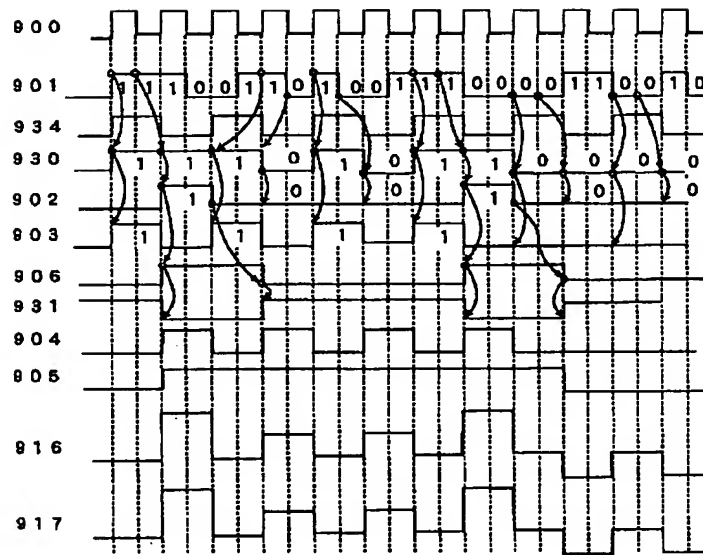


図26

【図27】

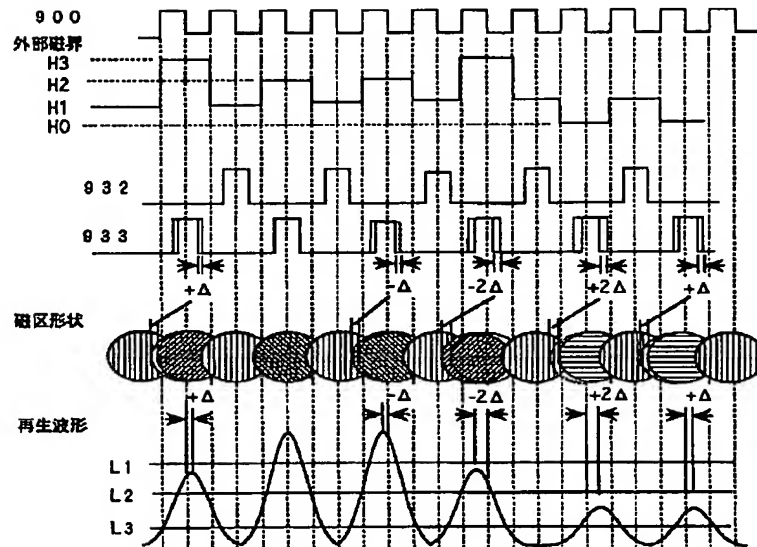
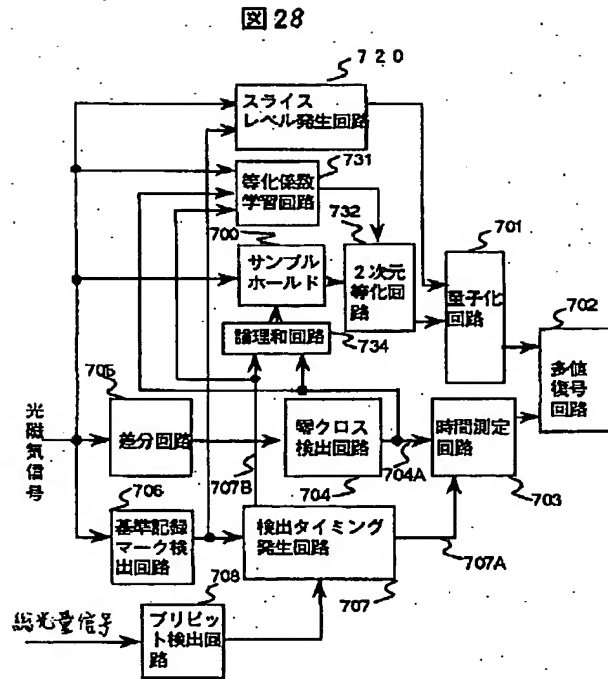
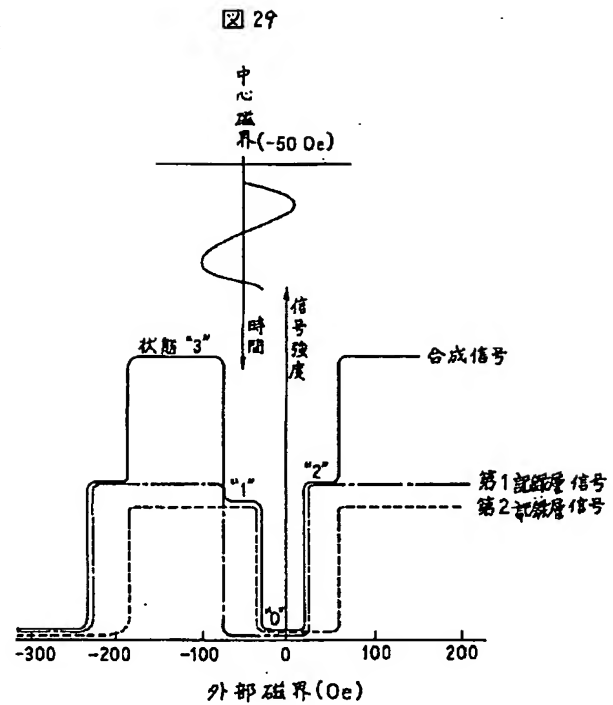


図27

【図 28】



【図 29】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

G11B 11/10

識別記号

586

庁内整理番号

9296-5D

FI

G11B 11/10

技術表示箇所

586E

(72) 発明者 杉山 久貴

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINE(S) OR MARK(S) ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☒ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**